

**ANALISIS STABILITAS TANGGUL YANG
DISTABILISASI MENGGUNAKAN KAPUR, *FLY*
ASH, DAN BIOBAKTERI AKIBAT MUSIM HUJAN
DAN MUSIM KEMARAU DI SUNGAI BENGAWAN
SOLO *CROSS SECTION* 0+000 DAN *CROSS SECTION*
0+500 DESA SEMAMBUNG – BOJONEGORO**

Nama Mahasiswa : Angga Ahmad Maulana
NRP : 3111.106.018
Jurusan : Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Dr.Ir.Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng.
Musta'in Arif, ST.,MT

ABSTRAK

Negara Indonesia memiliki 2 musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Hal ini mengakibatkan kondisi tanah selalu berubah-ubah. Pada saat musim hujan, tanah akan menjadi sangat jenuh, sedangkan pada saat musim kemarau tanah mempunyai kelembaban yang sangat rendah. Siklus ini apabila terjadi secara terus-menerus akan mengubah kondisi tanah, baik secara fisis maupun mekanis. Semua kejadian yang berhubungan dengan peristiwa kelongsoran atau keruntuhan terutama pada tanggul sungai biasanya terjadi pada akhir musim hujan. Kelongsoran ini terjadi akibat material penyusun tanggul yang biasanya terbuat dari tanah dasar (*river bed*) sungai sekitar yang merupakan tanah endapan atau sedimen yang memiliki daya dukung dan kekuatan rendah. Sungai Bengawan Solo di Bojonegoro adalah salah satu sungai yang memiliki tanggul dengan daya dukung dan kekuatan rendah, khususnya pada lokasi *cross section* 0+000 (ruas B1) dan *cross setion* 0+500 (ruas B2) di Desa Semambung, Bojonegoro.

Untuk meningkatkan daya dukung dan kekuatan tanah tanggul tersebut maka dilakukan stabilisasi tanah secara kimiawi di laboratorium, yaitu dengan mencampur tanah dengan bahan kapur, *fly ash*, dan biobakteri. Pada proses stabilisasi tanah ini,

konfigurasi persentase campuran tanah dan bahan stabilisasi diatur sedemikian rupa hingga mendapatkan kadar optimum dari tiap masing-masing stabilisator. Untuk lokasi tanggul ruas B1 kadar optimum untuk kapur, *fly ash*, dan biobakteri masing-masing yaitu 8%, 15%, dan 5%. Untuk lokasi tanggul ruas B2 kadar optimum untuk kapur, *fly ash*, dan biobakteri masing-masing yaitu 6%, 10%, dan 7%. Campuran dengan kadar optimum ini dikondisikan mengalami pengeringan dan pembasahan sesuai dengan kondisi asli lapangan (fluktuasi muka air sungai), lalu dianalisis menggunakan program bantu *Plaxis*, *Geo-Slope*, dan juga secara manual menggunakan metode Fellenius dengan asumsi susunan lapisan tanah yang berada di atas muka air tanah mengalami pengeringan dan yang berada di bawah muka air tanah mengalami pembasahan. Selain menggunakan program bantu, tanggul kestabilan dianalisis berdasarkan kecepatan arus sungai.

Hasil analisis stabilitas tanggul menggunakan program bantu (*Plaxis* dan *Geo-slope*) didapatkan nilai *safety factor* (SF) pada tanah natural $SF < 1$ untuk lokasi ruas B1 dan ruas B2 dengan tinggi muka air sungai setinggi tanggul. Hal ini menunjukkan kondisi tanggul tidak aman. Setelah distabilisasi menggunakan kapur, *fly ash*, dan biobakteri nilai *safety factor* meningkat menjadi $SF > 1$. Hal itu menunjukkan kondisi tanggul menjadi lebih aman setelah distabilisasi. Perhitungan oleh program bantu tersebut memiliki perbedaan nilai dari *safety factor* (SF) karena ketelitian dan metode dari setiap program berbeda, seperti *Plaxis* lebih banyak parameter *input* tanah dibandingkan program *Geo-Slope* sehingga nilai *safety factor* lebih teliti dan lebih kecil dibanding yang lainnya. Hasil perhitungan manual menggunakan metode Fellenius pada tanah natural lokasi ruas B1 dan ruas B2 menghasilkan nilai *safety factor* berbeda dengan SF dari hasil perhitungan *Geo-slope*, hal ini terjadi karena pada perhitungan program lebih detail dari pada perhitungan manual. Hasil perhitungan stabilitas tanggul berdasarkan kecepatan arus, tanah tanggul tergerus oleh arus yang terjadi di lapangan, karena pada

perhitungan arus kritis baik untuk tanah natural, dan tanah natural di tambah stabiliator kecepatan arus kritis lebih kecil dari pada kecepatan arus aktual di lapangan.

Kata Kunci: analisis stabilitas tanggul, Sungai Bengawan Solo, pembasahan dan pengeringan, stabilisasi tanah, kapur, *fly ash*, biobakteri, program bantu perhitungan dan pemodelan (*Plaxis*, *Geo-Slope*), perhitungan manual, *safety factor*, fluktuasi muka air sungai.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

***EMBANKMENT STABILITY ANALYSIS WHICH IS
STABILIZED USING QUICKLIME, FLY ASH, AND
BIOBACTERIA DUE TO RAINY SEASON AND DRY
SEASON AT BENGAWAN SOLO RIVER CROSS
SECTION 0±000 AND CROSS SECTION 0+500
SEMAMBUNG VILLAGE – BOJONEGORO***

Student : Angga Ahmad Maulana
NRP : 3111.106.018
Department : Teknik Sipil FTSP ITS
Supervisors : Dr.Ir.Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng.
Musta'in Arif, ST.,MT

ABSTRACT

Indonesia has 2 seasons, that is rainy seasons and dry seasons. These seasons resulting in soil conditions are always change. In rainy season the soil will be very saturated while in the dry season the ground has a very low moisture. If this cycle occurs continuous, it will be change soil conditions, either by physical or mechanical. All of events that are associated with instability or failure especially on a river embankment usually occurs at the end of the rainy season. Failure happens due to embankment material made from ground river (river bed) which is soil deposits that have support and low power, especially at cross section 0+000 (section B1) dan cross section 0+500 (section B2) at Semambung villlage, Bojonegoro.

In order to improve the bearing capacity and strength of the soil embankment stabilization of the soil is chemically made in the laboratory, by mixing the soil with quicklime materials, fly ash, and biobacteria. In the process of soil stabilization, soil mix and configuration of the percentage of stabilizing agent arranged to obtain the optimum levels of each respective stabilizers. For the location of the dike sections B1 optimum levels for lime, fly ash, and biobacteria respectively 8%, 15%, and 5%. For the

location of the dike sections B2 optimum levels for lime, fly ash, and biobacteria each is 6%, 10%, and 7%. The mixture is conditioned with the optimum levels of experience drying and wetting in accordance with the original conditions of the field (the river water level fluctuations), then analyzed using the auxiliary program Plaxis, Geo-Slope, and also manually using Fellenius method assuming that the composition of the soil layer above the face drying the soil water and under ground water is wetting conditions. In addition to using tools, the stability of embankment is analyzed based on the velocity of the river flow.

The results of the analysis of the stability of the embankment using auxiliary program (Plaxis and Geo-slope) values obtained safety factor (SF) the natural soil $SF < 1$ for the location of sections B1 and B2 sections with the highest water level of the river embankment. It shows the condition of the embankment is unsafe. After stabilized using lime, fly ash, and biobakteri safety factor value increased to $SF > 1$. It shows the condition of the embankment became more secure after stabilized. Calculations by the auxiliary program has a different value of the safety factor (SF) for precision and methods of each program is different, as input of soil parameters Plaxis more than Geo-Slope program so that safety factor value more precise and smaller than the other. The results of the manual calculation method Fellenius on natural ground sections B1 and sections B2 yield values approaching the safety factor SF of Geo-slope calculation results, this happens because the program is more detailed calculation than the manual calculation. Embankment stability calculation results based on the flow velocity, soil embankment eroded by currents that occur in the field, because the calculation of the critical current for both natural soil and natural soil stabilizer plus critical flow velocity is smaller than the actual flow speed in the field.

Keywords: analysis of embankment stability, Bengawan Solo River, wetting and drying, soil stabilization, quicklime, fly ash,

biobacteria, auxiliary calculations and modeling program (Plaxis, Geo-Slope), manual calculations, safety factor, the river water level fluctuations.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Tanah

Tanah merupakan suatu sistem tiga fase yang mengandung air, udara dan bahan-bahan mineral dan organik serta jasad-jasad hidup, yang karena pengaruh berbagai faktor lingkungan pada permukaan bumi dan kurun waktu, membentuk berbagai hasil perubahan yang memiliki ciri-ciri morfologi yang khas, sehingga berperan sebagai tempat tumbuh bermacam-macam tanaman (Schoeder, 1972)

Secara umum di tinjau dari ilmu teknik, tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang ruang kosong di antara partikel partikel padat tersebut (Braja M.Das,1985). Tanah berguna sekali di dalam pekerjaan teknik sipil karena semua bangunan di teknik sipil menumpu kepada tanah sebagai pondasi dari bangunan.

Secara alami tanah di alam dibagi menjadi dua kondisi yaitu tanah berada pada kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*) dan tanah dengan kondisi jenuh sempurna (*fully saturated*). Kondisi kejenuhan yang berbeda ini dapat disebabkan oleh adanya perbedaan fase air atau kebasahan di dalam struktur partikel-partikel yang membentuk suatu massa tanah (Hasrullah, 2007). Pada tanah yang jenuh sempurna, pori-pori tanah terisi seluruhnya oleh air, sedangkan pada tanah yang jenuh sebagian, pori-pori tanah dapat terisi oleh air dan oleh udara. Pada umumnya kondisi tanah pada lereng terutama yang berada dekat bagian permukaan merupakan tanah yang selalu mengalami perubahan kondisi dari jenuh ke tidak jenuh (jenuh sebagian) dan sebaliknya, sesuai dengan musim yang sedang berlangsung. Bila musim hujan maka tanah akan berada pada kondisi jenuh, namun

pada musim kemarau tanah akan menjadi kering (tidak jenuh) akibat penguapan matahari.

2.2 Klasifikasi Tanah

Di dalam ilmu mekanika tanah, tanah diklasifikasikan berdasarkan pada sifat-sifat indeks tanah seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas tanah. Tanah yang diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir yaitu:

- a. Kerikil (*gravels*) merupakan kepingan-kepingan dari batuan yang terkadang mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar, dan mineral-mineral lain. Kerikil juga merupakan agregat tak berkoheisi yang tersusun dari fragmen-fragmen sub-angular, agaknya berasal dari batuan atau mineral, partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- b. Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Pasir juga merupakan agregat tak berkoheisi, partikel batuan yang berukuran 0.074 mm sampai 5 mm
- c. Lanau (silt) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika. Lanau memiliki ukuran 0.002 mm sampai 0.0074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah yang besar ditemukan dalam deposit yang mengendap di dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- d. Lempung (clays) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral lempung (*kaolinite*, *illite*, *montmorillonite*), dan mineral-mineral lainnya. Partikel lempung berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel ini merupakan sumber utama tanah kohesif yang memiliki:
 1. Nilai kadar air berkisar antara 30-50% pada kondisi jenuh air

2. Angka pori berkisar antara 0,9 sampai dengan 1,4 (Braja M.Das,1985).
3. Berat volume berkisar antara 0,9 t/m³ sampai dengan 1,25 t/m³(Braja M.Das,1985).
4. *Spesific Gravity* rata-rata berkisar antara 2,7-2,9

Berdasarkan klasifikasi AASHTO (*American Association State Highway and Transportation Official*) dan USCS (*Unified Soil Classification System*) lanau dan lempung tergolong ke dalam tanah berbutir halus.

2.3 Kapur

Kapur adalah sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium. Biasanya kapur relatif terbentuk di laut dalam dengan kondisi bebatuan yang mengandung lempengan kalsium plates (*coccoliths*) yang dibentuk oleh mikroorganisme *coccolithophores*. Biasanya lazim juga ditemukan batu api dan *chert* yang terdapat dalam kapur.

Biasanya kapur yang digunakan untuk stabilisasi adalah kapur biasa atau kapur yang umumnya digunakan untuk pembuatan bangunan. Kapur kembang (*quick lime*) atau kapur padam (*hidrated lime*) yang lebih rendah mutunya dapat digunakan untuk stabilisasi.

Syarat kehalusan untuk *quick lime* atau *hidrated lime* adalah 100% lewa saringan no.50, tidak lebih 15% lewat saringan no. 75. Spesifikasi kimia untuk kapur kembang (*quicklime*) berbeda untuk yang kapur padam (*hidrated lime*). Biasanya ditentukan minimum kadar kalsium (atau kalsium dan magnesium) oksidanya, yaitu :

- *The Nasional Lime Association of the USA* (9159), mengusulkan minimum 75% kalsiumatau kalsium-magnesium oksida untuk kapurkembang (*quick lime*) dan 55% untuk kapurpadam (*hidrated lime*).
- *The California Division of Highway*, mensyaratkan minimum 85% kalsium hidroksida untuk pekerjaan

stabilisasi. Pada tahun 1961 diturunkan menjadi 75%, kemudian pada tahun 1968 dinaikkan lagi menjadi 85%.

- SNI mensyaratkan kapur yang digunakan untuk bahan stabilisasi sebagai berikut:

Tabel 2.1 Persyaratan kimia kapur tipe I

No.	Senyawa	KELAS		
		A	B	C
1.	Hydrate Alkalinity Ca (OH) ₂ , Minimum	90%	85%	75%
2.	Kalsium Oksida Anhidrat (CaO) Maksimum	7%	8%	9%
3.	Kadar Air Bebas Maksimum	3%	3%	2%

(Sumber : SNI 03-4147-1996)

Tabel 2.2 Persyaratan kimia kapur tipe II

No.	Senyawa	KELAS		
		A	B	C
1.	Kalsium oksida + magnesium oksida (CaO + MgO), minimum	98%	96%	94%
2.	Karbon dioksida (CO ₂), maksimum	3%	4%	8%
3.	Kalsium oksida anhidrat (CaO) maksimum	7%	8%	9%
4.	Kadar air bebas maksimum	3%	3%	2%

(Sumber : SNI 03-4147-1996)

2.4 Fly ash

Fly ash dan *bottom ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Ada tiga tipe pembakaran batubara pada industri listrik yaitu *dry bottomboilers*, *wet-bottom boilers* dan *cyclon furnace*. *Fly ash* merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara intinya *fly ash* mengandung unsur kimia

antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan. Adapun komposisi kimia dan sifat-sifat teknik yang akan mempengaruhi penggunaan *fly ash* pada *embankment* adalah termasuk distribusi butiran, karakteristik pemadatan, *shear strength*, *compressibility* dan *permeability*. Hampir semua *Fly ash* yang digunakan untuk *embankment* adalah *fly ash* kelas F.

Fly ash kelas F merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan *quick lime*, *hydrated lime*, atau semen. *Fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah ($\text{CaO} < 10\%$).

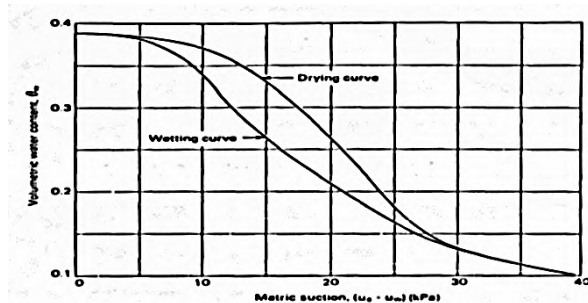
2.5 Biobakteri

Biobakteri merupakan bahan stabilisator yang sedang dikembangkan saat ini sebagai bahan campuran dalam proses stabilisasi tanah. ASDV-36SS adalah salah satu jenis dari bahan ini. Bahan ini berbentuk cairan yang terbuat dari material organik, mengubah protein, *biopolymer surfactant* dan *organominerals* yang telah difermentasi oleh bakteri menguntungkan. Bahan ini ramah lingkungan, tidak beracun dan aman bagi manusia dan benda yang ada di sekitar. Pada pengawasan lingkungan, bahan ini dapat meningkatkan kualitas mekanis lapisan *subgrade* dan subbase jalan dengan harga murah dan metode konstruksi yang cepat.

2.6 Siklus pengeringan dan pembasahan

Siklus pengeringan dan pembasahan merupakan peristiwa pengurangan dan penambahan kadar air pada massa tanah, yang

menyebabkan terjadinya perubahan volume dan perubahan tegangan air pori negatif (*suction*), sehingga menyebabkan terjadinya perubahan tegangan geser. Gambar di bawah ini menunjukkan adanya hubungan antara nilai tegangan air pori negatif (*suction*) dan kadar air suatu tanah yang membentuk suatu pola dan merupakan bentuk kurva khas dari pengeringan dan pembasahan (*drying-wetting curve*) suatu tanah. Dimana grafik kurva dari pengeringan berada selalu di atas kurva pembasahan. Pada saat tanah dibebani berupa pengeringan, maka tegangan air pori negatif akan meningkat dengan semakin berkurangnya kadar air didalam tanah. Dan jika tanah pada kondisi kering ini dibasahi kembali maka akan terjadi penurunan tegangan air pori negatif dan bertambahnya kadar air tanah dengan kurva dari keduanya tidak berimpit, hal ini terjadi karena tanah bukan material yang statis.



Gambar 2.1 Bentuk khas kurva pembasahan dan pengeringan
Sumber : Fredlund dan Raharjo, 1993

Pengaruh perubahan kondisi tanah akibat adanya siklus pengeringan dan pembasahan di lapangan khususnya di beberapa tempat menunjukkan keadaan yang berbeda-beda. Terkadang tanah lempung bersifat sangat keras dan cenderung menyusut apabila tanah dalam keadaan kering dan bersifat sangat lunak, plastis dan cenderung memuai apabila tanah dalam kondisi basah. Dalam hal ini pengembangan tanah merupakan proses yang agak kompleks dibandingkan dengan penyusutan dimana besar dan nilai tekanan pengembangan bergantung pada banyaknya

mineral lempung di dalam tanah, Yong dan Warketin (1975) dalam Hardiyatmo (2002).

2.7 Konsep angka keamanan

Angka keamanan merupakan faktor penting dalam perencanaan tanggul sungai. Angka keamanan yang diberikan sebanding dengan ketidakpastian yang terdapat dalam perencanaan tanggul, seperti parameter kekuatan tanah, distribusi tekanan air pori dan lapisan tanah. Secara umum, jika kualitas investigasi di lapangan kecil, maka angka keamanan yang diberikan akan semakin tinggi.

Dalam penelitian analisis stabilitas tanggul dibuat berdasarkan konsep keseimbangan batas, dengan menganggap bahwa keruntuhan tanggul akan terjadi sepanjang permukaan runtuh. Kekuatan geser yang dibutuhkan untuk mempertahankan keseimbangan batas dibandingkan dengan kekuatan geser yang ada pada tanah, akan memberikan suatu faktor keamanan sepanjang permukaan runtuh tersebut, seperti persamaan rumus berikut :

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

F_s = Faktor Keamanan

τ_f = Kekuatan Geser Tanah

τ_d = Kekuatan geser sepanjang bidang runtuh

Dimana untuk keadaan :

$F_s > 1,0$: tanggul dalam keadaan bagus

$F_s = 1,0$: tanggul dalam keadaan seimbang
dan siap untuk longsor (kritis)

$F_s < 1,0$: tanggul tidak dalam keadaan bagus

Definisi lain dari angka keamanan yaitu selalu memperhitungkan perbandingan antara gaya yang menahan terhadap total gaya yang meruntuhkan. Setiap kasus contoh tanah pada lereng akan menghasilkan komponen gravitasi dari gaya

berat tanah yang cenderung menggerakkan massa tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah, adanya rembesan air dan gaya-gaya gempa merupakan hal penting dalam stabilitas tanggul.

Gaya-gaya tersebut menghasilkan tegangan geser pada seluruh massa tanah, dan suatu gerakan akan terjadi jika tegangan geser yang bekerja lebih besar dari tahanan geser pada sepanjang bidang runtuh. Tahanan geser tergantung pada kuat geser tanah dan faktor-faktor alamiah lainnya, seperti rembesan air, infiltrasi air hujan dan akar-akar tumbuhan (Bowles, 1991).

Pada sisi lain angka keamanan untuk bidang keruntuhan busur lingkaran adalah perbandingan antara momen total yang menahan terhadap momen yang menyebabkan keruntuhan. Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen, yaitu kohesi dan geseran, dan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

c = kohesi

ϕ = sudut geser

σ = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor

Dengan cara yang sama dapat dituliskan

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \phi_d \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan C_d adalah kohesi dan ϕ_d sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor. Maka dengan memasukkan persamaan 2.2 dan 2.3 ke dalam persamaan 2.1 didapatkan

$$F_s = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_d + \sigma \tan \phi_d} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Setelah itu dapat dimasukkan aspek-aspek lain dari angka keamanan yaitu angka keamanan terhadap kohesi F_c dan angka

keamanan terhadap sudut geser F_ϕ . Dengan demikian F_c dan F_ϕ dapat didefinisikan sebagai:

$$F_c = \frac{c}{c_d} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dan

$$F_\phi = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \dots\dots\dots (2.6)$$

Maka persamaan 2.6 akan wajar jika dibandingkan dan menjadi sama dengan F_c , dan bila

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \dots\dots\dots (2.7)$$

Atau dapat dituliskan $F_s = F_c = F_\phi$

$F_s = 1$ maka talud dalam keadaan longsor, umumnya harga 1,5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser dapat diterima untuk merencanakan stabilitas talud.

2.8 Analisis Parameter Tanah

2.8.1 Cara Korelasi nilai N-SPT

Stabilitas tanggul dapat dilakukan jika analisis parameter tanah di daerah yang terkena longsor tersebut dilakukan. Dasar yang digunakan untuk analisis parameter tanah yaitu dengan mengkorelasikan nilai N-SPT suatu jenis tanah dengan parameter-parameter yang telah ditetapkan. Pembagian layer tanah berdasarkan atas korelasi nilai N-SPT pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Korelasi N-SPT dengan karakteristik tanah lainnya

		Cohesionless Soil / Sol Pulverent				
N	(blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
γ	(kN/m ³)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
\emptyset	(°)	-	25-23	28-36	30-40	>35
State		Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr	(%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
		Cohesive Soil / Sol Coherent				
N	(blows)	<4	4-6	6-15	16-25	>25
γ	(kN/m ³)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
q_u	(kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency		Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

(Sumber: J.E. Bowles, 1984 dalam Wahyudi, 1999)

Tabel 2.4 Korelasi untuk nilai E dan ν

Jenis Tanah	Young Modulus	Koef. POISSON
Pasir lepas	10350 – 27600 KN/m ²	0,2 – 0,4
Pasir agak padat		0,25 – 0,4
Pasir padat	34500 – 69000 KN/m ²	0,3 – 0,45
Pasir berlanau		0,2 – 0,4
Lempung lembek	1380 – 3450 KN/m ²	0,15 – 0,25
Lempung agak kaku		0,2 – 0,5
Lempung keras	5865 – 13800 KN/m ²	–

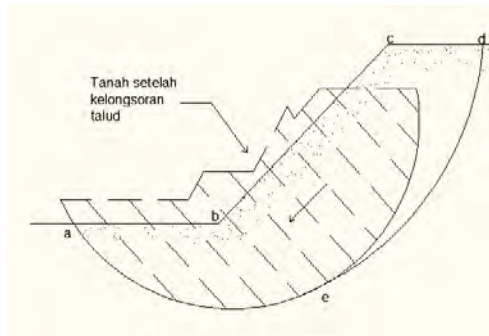
(Sumber: Braja M. Das dalam Wahyudi, 1999)

2.9 Stabilitas Tanggul / Talud

Suatu permukaan tanah yang miring dan mempunyai sudut tertentu terhadap bidang horizontal dan tidak dilindungi disebut talud tak tertahan (*unrestrained slope*). Tanggul sungai merupakan salah satu jenis talud ini. Tanggul sungai dapat terjadi secara alamiah atau buatan. Bila permukaan tanah tidak datar, maka komponen berat tanah yang tidak sejajar dengan kemiringan tanggul akan menyebabkan tanah bergerak ke bawah sesuai gaya gravitasi. Kelongsoran tanggul bisa terjadi secara perlahan atau mendadak, dan dengan maupun tanpa dorongan yang terlihat nyata. Kelongsoran mungkin juga disebabkan oleh getaran dari pekerjaan kontruksi disekitar tanggul, seperti

pemancangan. Dan apabila tidak terjadi karena adanya gangguan dari luar, kelongsoran bisa disebabkan oleh naiknya tekanan air pori secara temporer atau kemunduran progresif dari kekuatan tanah.

Tanggul pada umumnya memiliki tinggi yang terbatas atau dinamakan *finite slope*. Jika ingin menganalisis stabilitas talud dengan tinggi terbatas yang berada dalam tanah homogen, maka perlu suatu asumsi tentang bentuk umum dari suatu bidang longsor yang akan terjadi. Biasanya kelongsoran talud terjadi dengan permukaan bidang yang lengkung.



Gambar 2.2 Kelongsoran Talud

Sumber : Braja M.Das,1985

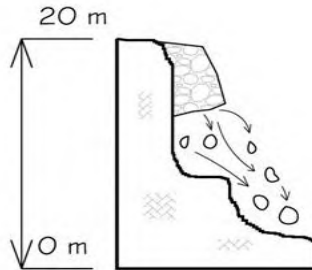
2.9.1 Jenis-jenis Longsoran

Kelongsoran lereng/talud bisa dibedakan berdasarkan bentuk dari kelongsoran, jenis material longsor dan umur atau tahap perkembangan tanah. Pemahaman terhadap jenis-jenis gerakan lereng/talud sangat penting karena menentukan metode analisa kestabilan yang paling tepat dan faktor-faktor apa yang perlu diketahui untuk melakukan perhitungan. Jenis jenis kelongsoran ini adalah sebagai berikut :

1. Runtuhan (*Falls*)

Sejumlah massa tanah yang jatuh dari lereng yang curam dan tidak ada gaya yang menahan pada saat geseran dengan material yang berbatasan. Pada jenis runtuhan bebatuan umumnya

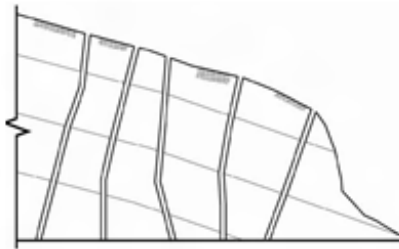
terjadi dengan cepat dan hampir tidak didahului oleh gerakan awal.



Gambar 2.3 Runtuhan pada lereng
Sumber : Desiana Vidayanti

2. Pengelupasan (*topples*)

Gerakan ini berupa rotasi keluar dari suatu unit massa yang berputar terhadap suatu titik akibat gaya gravitasi, atau gaya-gaya lain seperti adanya air dalam rekahan.

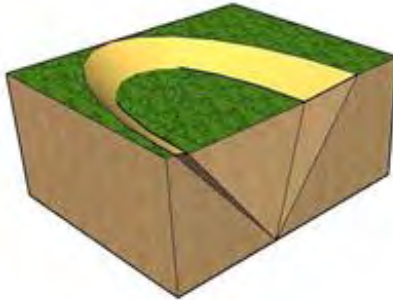


Gambar 2.4 Pengelupasan pada lereng
Sumber : Desiana Vidayanti

3. Longsor (*slide*)

Dalam longsor, gerakan ini terdiri dari peregangannya secara geser dan peralihan sepanjang suatu bidang atau beberapa bidang gelincir yang dapat nampak secara visual. Gerakan dapat

bersifat progresif yang berarti bahwa keruntuhan geser tidak terjadi seketika pada seluruh bidang gelincir melainkan merambat dari suatu titik. Massa yang bergerak menggelincir di atas lapisan batuan/tanah asli dan terjadi pemisahan (separasi) dari kedudukan semula. Sifat gerakan biasanya lambat sampai sangat lambat



Gambar 2.5 Longsoran (*Slide*) pada lereng
Sumber : Desiana Vidayanti

Jenis-jenis longsoran sebagai berikut :

a) Longsoran Rotasi

Longsoran jenis rotasi ini dapat terjadi pada batuan maupun pada tanah. Pada kondisi tanah homogen, longsoran rotasi ini dapat berupa busur lingkaran. Analisis kestabilan lereng yang mengasumsi bidang longsoran berupa busur lingkaran dapat menyimpang bilamana tidak memperhatikan hal ini.

b) Longsoran Translasi

Dalam longsoran translasi, suatu massa bergerak sepanjang bidang gelincir berbentuk bidang rata. Perbedaan terhadap longsoran rotasi dan translasi merupakan kunci penting dalam penanggulangannya. Gerakan dari longsoran translasi umumnya dikendalikan oleh permukaan yang lembek. Longsoran translasi ini dapat bersifat menerus dan luas.

4. Aliran Tanah (*Flows*)

Jenis gerakan tanah ini tidak dapat dimasukkan ke dalam kategori di atas karena merupakan fenomena yang berbeda. Pada

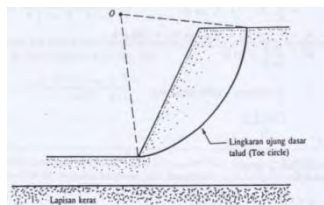
umumnya jenis gerakan tanah ini terjadi pada kondisi tanah yang amat sensitif atau sebagai akibat daripada gempa. Bidang gelincir terjadi karena gangguan mendadak dan gerakan tanah yang terjadi umumnya bersifat cepat tetapi dapat juga lambat misalnya pada rayapan (*creep*).



Gambar 2.6 Longsor aliran tanah
Sumber : Desiana Vidayanti

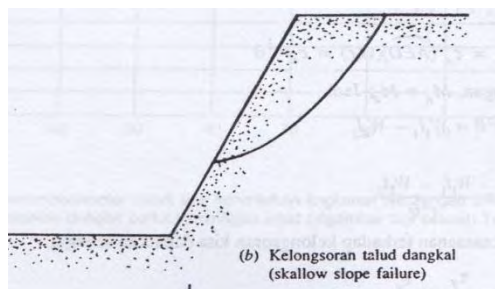
2.10 Stabilitas talud dengan tinggi terbatas dengan bidang longsor silindris lingkaran

Longsor terjadi dengan bidang gelincir talud pada atau ujung dasarnya dinamakan “longsor talud/*slope failure*”. Lengkung kelongsoran dinamakan “lingkaran ujung dasar talud (*toc circle*)” bila longsor terjadi pada ujung dasar talud (Gambar 2.7). Apabila longsor terjadi melalui bagian atas ujung dasar talud dinamakan “lingkaran lereng talud (*slope circle*)” (Gambar 2.8).

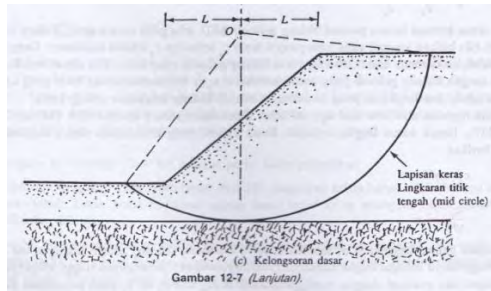


Gambar 2.7 Lingkaran ujung dasar talud (*Toe Circle*)
Sumber : Braja M. Das 1985

Dalam kondisi tertentu, keongsoran terjadi pada daerah dangkal yaitu dinamakan “*shallow slope failure*” (Gambar 2.9). Apabila longsor terjadi pada permukaan bidang gelincir agak jauh dibawah ujung dasar talud dinamakan “longsor dasar/*base failure*”. Lengkung kelongsorannya dinamakan “lingkaran titik tengah (*midpoint circle*)” (Gambar 2.10).



Gambar 2.9 *Shallow slope failure*
Sumber : Braja M. Das 1985



Gambar 2.10 Longsor dasar (*base failure*)
Sumber : Braja M. Das 1985

Pada analisis stabilitas talud dengan tinggi terbatas ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu cara prosedur massa (*mass procedure*) dan metoda irisan (*method of slices*).

2.10.1 Metoda irisan Fellenius (*method of slices*)

Analisis stabilitas dengan menggunakan metode irisan Fellenius yaitu menentukan terlebih dahulu lengkungan lingkaran sebagai permukaan bidang longsor percobaan. Tanah yang berada di atas bidang longsor percobaan dibagi dalam beberapa irisan tegak. Lebar dati tiap-tiap irisan tidak harus sama. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan tertentu seperti ditunjukkan dalam gambar 2.13. W_n adalah berat irisan. Gaya-gaya N_r dan T_r adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi R . P_n dan P_{n+1} adalah gaya normal yang bekerja pada sisi-sisi irisan. Gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah T_n dan T_{n+1} . Tegangan air pori dianggap sama dengan nol. Asumsikan bahwa resultan P_n dan T_n adalah sama besar dengan resultan T_{n+1} dan P_{n+1} .

Untuk pengamatan keseimbangan

$$N_r = W_n \cos \alpha_n \dots \dots \dots (2.8)$$

Gaya geser perlawanan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Tr = \tau d(\Delta Ln) = \frac{\tau d(\Delta Ln)}{Fs} = \frac{\tau f(\Delta Ln)}{Fs} = \frac{1}{Fs} (c + \tau \tan \phi) \Delta Ln \dots (2.9)$$

Tegangan normal σ dalam persamaan di atas, adalah sama dengan:

$$\frac{N_r}{\Delta L_n} = \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \dots \dots \dots (2.9)$$

Untuk keseimbangan blok percobaan ABC, momen gaya dorong terhadap titik O adalah sama dengan momen gaya perlawanan terhadap titik O, atau

$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n r \sin \alpha = \sum_{n=1}^{n=p} \frac{1}{F_s} \left(c + \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \tan \phi \right) (\Delta L_n) (r) \dots \dots \dots (2.10)$$

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \Delta L_n + W_n \cos \alpha \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

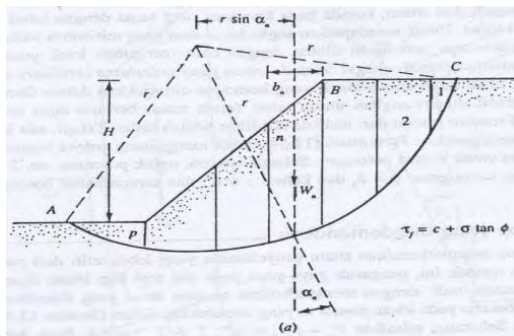
c' = kohesi tanah pada bidang gelincir (ton/m^2)

ϕ = sudut geser dalam (derajat)

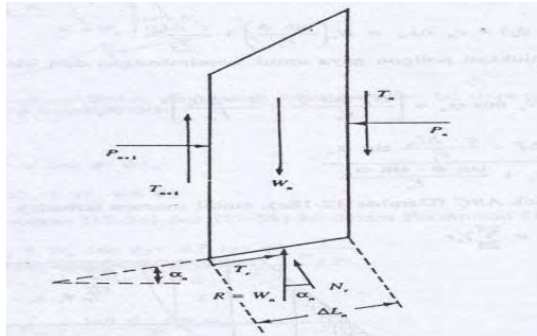
ΔL_n = panjang busur pada bidang gelincir (m)

W = berat segmen tanah (ton)

α = sudut yang dibentuk antara W dan titik pusat gelincir O pada bidang gelincir, α diambil positif pada kuadran yang samadengan lereng



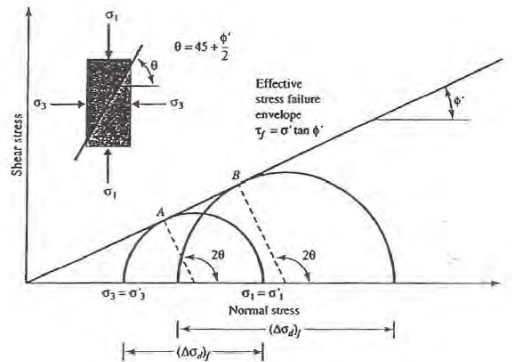
Gambar 2.11 Analisis Stabilitas dengan metode irisan biasa
Sumber : Braja M. Das, 1985



Gambar 2.12 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan
Sumber : Braja M. Das, 1985

2.11 Kuat geser tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan dan pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang ditinjau. Penemuan konsep tegangan efektif oleh Terzaghi pada 1920 sangat relevan sekali untuk memecahkan suatu masalah yang berkaitan dengan stabilitas lereng yaitu untuk mempertimbangkan prinsipal stress meliputi σ_1 , σ_2 , dan σ_3 pada tanah jenuh dan u merupakan tekanan air pori. Perubahan yang terjadi pada tegangan total disebabkan perubahan yang terjadi pada kondisi tegangan efektif σ_1' , σ_2' , dan σ_3' . Material tanggul mempunyai kecenderungan untuk terjadi longsor karena tegangan geser pada tanah akibat dari gravitasi dan kekuatan lain (aliran air, tegangan tektonik, aktivitas gempa). Kecenderungan ini ditahan oleh kuat geser material tanggul yang diterangkan dengan *Mohr-Coulumb*. Menurut Mohr (1980) keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Teori *Mohr-Coulumb* dapat dimodelkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.13 Selubung Mohr-Coulumb
Sumber : Braja M. Das, 2002

Hubungan antara kuat geser dan tegangan normal dapat digambarkan dalam persamaan:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad \dots \dots \dots (2.12)$$

Untuk tegangan efektif kuat geser digambarkan dengan persamaan:

$$\tau' = c' + (\sigma_n - u) \tan \phi' \quad \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana τ' adalah kuat geser *drained*, c' adalah kohesi tanah, σ_n adalah tegangan normal, u adalah tekanan air pori, dan ϕ' adalah sudut geser tanah.

2.12 Menentukan Parameter Kekuatan Geser Tanah

2.12.1 Kriteria Keruntuhan Menurut Mohr Coloumb

Kekuatan geser tanah menurut Mohr (1980) menyuguhkan sebuah teori tentang keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk

$$\tau_f = f(\sigma) \dots\dots\dots (2.14)$$

Garis keruntuhan (*failure envelope*) pada rumus (2.14) sebenarnya berbentuk garis lengkung. Garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan geser (Coulumb, 1976). Persamaan itu dapat kita tulis sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan

c = kohesi

ϕ = sudut geser dalam

Hubungan di atas disebut juga sebagai kriteria keruntuhan Mohr-Coulumb.

2.12.2 Kemiringan Bidang Keruntuhan Akibat Geser

Bila bidang keruntuhan tersebut membentuk sudut θ dengan bidang utama besar, menurut ilmu mekanika kita dapat mencari harga tegangan normal dan geser yang bekerja pada bidang tersebut sebagaimana kita nyatakan dalam persamaan :

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta \dots\dots\dots (2.16)$$

Dan

$$\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan mensubstitusikan kedua persamaan-persamaan sebelumnya ke dalam persamaan:

$$\left[\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right] \sin 2\theta = c + \left[\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) + \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) \cos 2\theta \right] \tan \phi \dots\dots (2.18)$$

Atau

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \frac{\sigma_3 \tan \phi + c}{\frac{1}{2} \sin 2\theta - \cos^2 \theta \tan \phi} \dots\dots\dots (2.19)$$

2.13 Parameter kuat geser drained dan undrained

Dalam analisis lereng/tanggul terdapat dua tipe geser tanah yang digunakan yaitu kuat geser *drained* yang digunakan

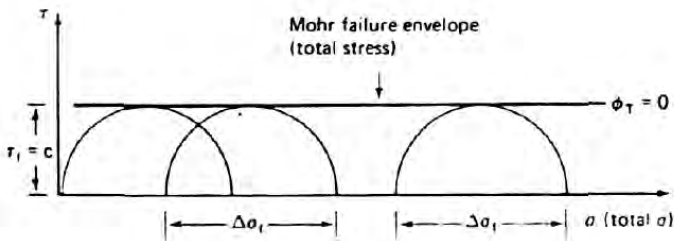
untuk analisis tegangan efektif dan kuat geser *undrained* yang digunakan untuk analisis tegangan total. Pemilihan parameter tanah *drained* atau *undrained* yang akan digunakan bergantung pada kondisi pekerjaan, *loading* (timbunan, beban bangunan, dll) atau *unloading* (galian, erosi, dll.), tergantung pada kondisi peningkatan tegangan air pori akibat respon dari perubahan tegangan.

2.13.1 Kuat geser *drained*

Kuat geser *drained* adalah kuat geser tanah yang mengalami kondisi *drained*. Kondisi *drained* terjadi ketika tanah mengalami peningkatan pembebanan secara lambat atau beban berada dalam waktu yang lama sehingga kondisi air menjadi teralirkan. Dalam kondisi *drained* perubahan dalam pembebanan tidak mengakibatkan perubahan dalam tekanan air dalam partikel tanah, karena air dapat bergerak masuk atau keluar tanah dengan bebas ketika volume partikel tanah mengalami peningkatan maupun pengurangan sebagai respon dari perubahan beban.

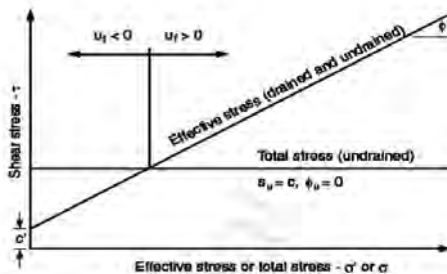
2.13.2 Kuat geser *undrained*

Kuat geser *undrained* adalah kuat geser tanah yang mengalami kondisi *undrained*. Kondisi *undrained* terjadi ketika tanah mengalami peningkatan pembebanan secara cepat sehingga kondisi air menjadi tidak teralirkan. Dalam kondisi *undrained* perubahan dalam pembebanan mengakibatkan perubahan dalam tekanan air dalam partikel tanah, karena air tidak dapat mengalir dengan bebas dalam partikel tanah. Jika perilaku tanah lempung jenuh dianalisis dalam kondisi *undrained* maka yang diperoleh adalah parameter total dimana tidak diperlukan evaluasi tekanan air pori. Dalam keadaan ini diasumsikan besar sudut geser tanah $\phi = 0$ dan c_u sama dengan keruntuhan Mohr-Coulumb (Gambar 2.15)



Gambar 2.14 *Strength envelope* tanah lempung pada keadaan *undrained*
Sumber: Das.B.M, 2002

Pada kondisi tanah lempung *normally consolidated*, parameter kuat geser *undrained* lebih rendah dibandingkan dengan kuat geser *drained*. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan air pori meningkat dan tegangan efektif menurun dalam kondisi *undrained*. Kenyataan untuk tanah lempung *over consolidated* ternyata berkebalikan. Kuat geser *undrained* ternyata lebih besar dibandingkan kuat geser *drained*. Hal ini disebabkan tekanan air pori menurun dan tekanan efektif meningkat dalam kondisi *undrained*. Dalam gambar 2.16 ditunjukkan perbedaan antara parameter kuat geser *overconsolidated* dan *normally consolidated*.



Gambar 2.15 *Strength envelope* untuk tanah lempung *saturated drained*
Sumber: Duncan dan Wright, 2005

2.14 Analisis Stabilitas Tanggul dengan Program *Plaxis*

Plaxis adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat, sedangkan berbagai fasilitas yang tersedia dapat digunakan untuk menampilkan hasil komputasi secara mendetail. Proses perhitungannya yang handal. Pemodelan tanah ini dibatasi hanya pada model *Mohr Coulumb*.

Pemodelan yang dapat dilakukan pada program *Plaxis* adalah model geometri 2D (dua dimensi) dari model tiga dimensi sesungguhnya, dan terdiri dari komponen titik, komponen garis serta komponen *cluster*. Sebuah model geometri yang lengkap akan meliputi massa tanah yang dapat dibagi menjadi lapisan-lapisan tanah yang berbeda, elemen-elemen struktural, tahapan-tahapan konstruksi serta pembebanan. Tiga buah komponen utama dalam model geometri dijelaskan lebih detail berikut ini.

1. Titik
Titik-titik akan menjadi awal dan akhir dari garis. Titik titik juga dapat digunakan untuk menempatkan jangkar, beban terpusat, jenis perletakkan dan untuk penghalusan jaring elemen secara lokal atau setempat.
2. Garis-garis berfungsi untuk mendefinisikan batas fisik secara umum dari suatu geometri, perbatasan model dan diskontinuitas yang mungkin terdapat dalam model seperti dinding atau pelat, batas dari lapisan tanah yang berbeda atau batas dari tahapan-tahapan konstruksi. Sebuah garis dapat memiliki beberapa fungsi dan sifat yang berbeda sekaligus.
3. *Cluster*
Cluster merupakan suatu bidang yang dibatasi oleh beberapa garis dan membentuk suatu polygon tertutup. *Plaxis* secara otomatis akan mengenali *cluster* berdasarkan posisi dari garis-garis geometri yang dibuat. Dalam setiap *cluster* sifat

tanah adalah homogen, sehingga *cluster-cluster* dapat dianggap sebagai bagian-bagian yang membentuk lapisan-lapisan tanah. Setiap tindakan yang berhubungan dengan suatu *cluster* akan berlaku juga pada setiap elemen dalam *cluster*.

Kondisi leleh Mohr-Coulumb merupakan nilai hukum friksi dari Coulumb ke kondisi tegangan secara umum. Faktanya, kondisi ini memastikan bahwa hukum friksi Coulumb diterapkan dalam tiap bidang di dalam elemen. Kondisi leleh *Mohr-Coulumb* secara penuh terdiri dari enam buah fungsi.

Parameter-parameter input data yang diperlukan untuk menghitung angka keamanan stabilitas lereng dengan program bantu *Plaxis* didapat dari hasil perhitungan sifat fisik dan sifat mekanik. Adapun parameter-parameter yang diperlukan adalah : berat volume, indeks plastis, kohesi, dan sudut geser dalam. Sedangkan untuk parameter-parameter lainnya seperti modulus elastisitas tanah dan angka Poisson didapat dengan menggunakan rumus korelasi. Program *Plaxis* ini bertujuan untuk menghitung angka keamanan stabilitas lereng yang memiliki ketinggian dan kemiringan lereng yang bervariasi. Untuk mesh *Plaxis* digunakan model *Mohr-Coulomb*.

Perhitungan ini ditentukan dengan rumus korelasi :

Dengan

$$K_0 = 1 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.20)$$

Nilai modulus elastisitas E tanah menurut Brinkgreve dan Vermeer (1998) dapat dihitung dengan rumus :

$$E = \frac{2(1+\nu)}{3} E_u \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana E_u adalah modulus elastisitas kondisi *undrained* (KN/m^2)

$$E_u = \frac{15000 \cdot c}{IP} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dan IP adalah Indeks Plastisitas

Setelah didapat parameter-parameter yang diperlukan pada input data program *Plaxis*, kemudian hasil (*output*) dari

perhitungan program *Plaxis* tersebut berupa nilai angka keamanan (*safety factor*) dan dapat juga disajikan dalam bentuk gambar :

1. Deformasi *mesh*
2. *Displacement vertical*, *displacement horizontal* dan total
3. Tegangan efektif, tegangan rata-rata dan tegangan total

2.15 Analisis Stabilitas Tanggul dengan Program *Geo-Slope*

Geo-slope adalah merupakan suatu program komputer dengan dasar metode keseimbangan batas dan metode elemen hingga. Adapun beberapa program pendukung dalam satu paket *Geo slope* yaitu *Slope/w*, *Seep/w*, *Quake/w*, *Ctrans/w*, dan *Temp/w*. masing-masing dapat dipakai program *Slope/w* untuk analisa kestabilan tanggul dan *Seep/w* untuk analisa untuk analisa rembesan air dalam tanah. Dalam menganalisa persoalan, program *Slope/w* menggunakan model analisis kesetimbangan batas atau metode elemen hingga sedangkan program *Seep/w* menggunakan metode elemen hingga.

Parameter input data program *geo slope* yang diperlukan untuk menghitung angka keamanan stabilitas tanggul dengan program bantu *Geo Slope* didapat dari hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik. Adapun parameter-parameter yang diperlukan adalah : berat volume (γ), kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Analisa keruntuhan tanah dapat digunakan beberapa model, dan analisa ini dipakai model *Mohr-Coulumb*. Sedangkan analisa rembesan air dipakai prinsip Darcy, dimana besarnya aliran yang mengalir tergantung dari koefisien permeabilitas tanah.

Program *geo slope* ini bertujuan untuk menghitung angka keamanan tanggul yang memiliki ketinggian dan kemiringan yang bervariasi. Untuk analisa dapat dipilih dengan menggunakan metode *limit equilibrium* atau metode *finite element*. Metode *limit equilibrium* dapat menggunakan kombinasi metode *Bishop*, *Ordinary*, *Janbu* dengan *Morgenstern-Price* atau dengan *Spencer*. Sedangkan kedua adalah hanya menggunakan *Bishop*, *Ordinary* atau *Janbu* tanpa dikombinasi.

2.16 Permulaan Gerak Sedimen Dasar (*The threshold of sediment bed motion*)

Waktu permulaan gerak sedimen (*threshold of sediment motion*) menggambarkan kondisi aliran dan kondisi batas yangmana angkutan sedimen mulai terjadi. Permulaan gerakan sedimen tidak dapat didefinisikan dengan presisi yang tepat (absolut) tetapi banyak pengamatan eksperimental telah memberikan hasil yang cukup akurat dan konsisten.

Parameter yang relevan untuk analisis permulaan sedimen transportasi adalah: tegangan geser (τ_o), kepadatan sedimen (ρ_s), kepadatan fluida (ρ), diameter butiran (d_s), percepatan gravitasi (g), dan viskositas fluida (μ).

$$f_1(\tau_o, \rho, \rho_s, \mu, g, d_s) = 0$$

dalam hal dimensi, menghasilkan:

$$f_2\left(\frac{\tau_o}{\rho g}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{d_s \sqrt{\rho \tau_o}}{\mu}\right) = 0 \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

Rasio tegangan geser dasar terhadap kepadatan fluida adalah homogen (dalam satuan) dengan kecepatan kuadrat. Memperllihatkan kecepatan geser (V_*) didefinisikan sebagai:

$$V_* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

Nilai kritis dari parameter stabilitas dapat didefinisikan pada saat terjadinya pergerakan dasar, $\tau_* = (\tau_*)_c$. Shields (1936) memperlihatkan bahwa $(\tau_*)_c$ adalah fungsi utama dari nilai geser Reynolds. Pergerakan dasar terjadi untuk:

$$\tau_* > (\tau_*)_c$$

Kecepatan kritis untuk saluran persegi yang sangat lebar, dapat dipakai rumus (Shields):

$$V_* = \sqrt{gd \sin \theta} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana:

g = Percepatan gravitasi ($m/detik^2$)

d = kedalaman air sungai (meter)

$\sin \theta$ = kemiringan dasar sungai (meter)

2.17 Studi Literatur dan Penelitian Sebelumnya

Analisis mengenai stabilitas tanggul ini mengacu terhadap buku mekanika tanah 1 dan 2 dari Braja M Das dan mekanika tanah dalam praktek rekayasa oleh Karl Terzaghi. Rumus yang digunakan merupakan rumus dari stabilitas lereng dan kekuatan geser tanah ditambah dengan aliran air dalam tanah. Dan untuk pengaruh dari hujan dan kemarau terhadap sifat dari tanah melihat dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Raharjo (2005) yaitu “Pengaruh pembasahan berulang pada jenis tanah pasir berlanau yang diberi perlakuan pengeringan dan pembasahan terhadap sampel yang sama secara berulang-ulang sehingga diperoleh nilai kuat geser tanah pada kondisi kering lebih besar dari pada kondisi basah. Dalam hal ini untuk jenis tanah yang sama pada siklus kering dan basah tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai kuat gesernya”.

Nuridin (2012) mengatakan “Perubahan kadar air pada pengeringan dan pembasahan mempengaruhi karakteristik fisik dan mekanik. Kondisi tanah kering memiliki parameter kuat geser (c dan ϕ) lebih besar dari pada kondisi tanah basah, dimana pada kondisi basah berat isi bertambah, daya apung pada kondisi jenuh menurunkan tegangan efektif antar butiran sehingga lempung lebih cepat menjadi lemah dan kekuatan geser tanah menurun. Semakin besar nilai c dan ϕ , maka nilai kuat geser tanah semakin meningkat dan kecil kemungkinan terjadinya penurunan tanah”.

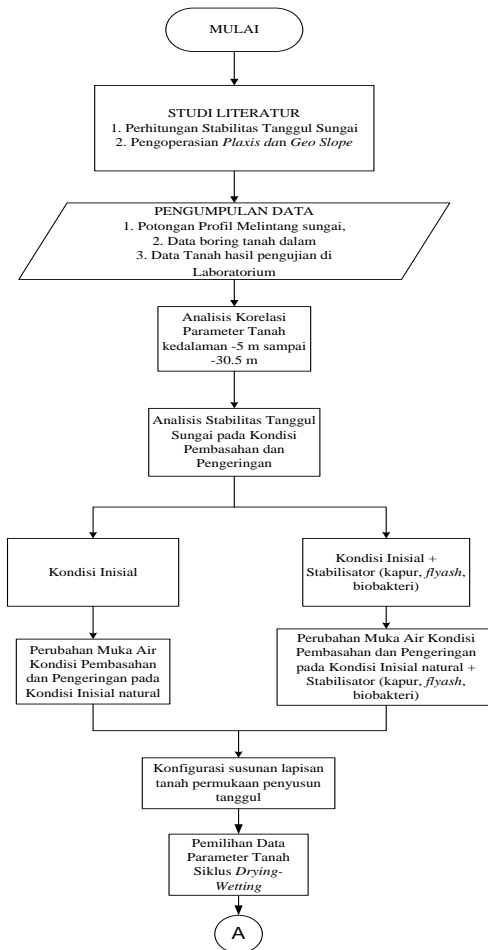
Dari analisis yang dilakukan sebelumnya oleh Rasyid (2012) yaitu “Semakin tinggi muka air tanah pada lereng maka semakin berbahaya karena semakin mudah terjadi kelongsoran, namun tetap tergantung dari nilai kuat geser tanah dan geometri tanah tersebut”.

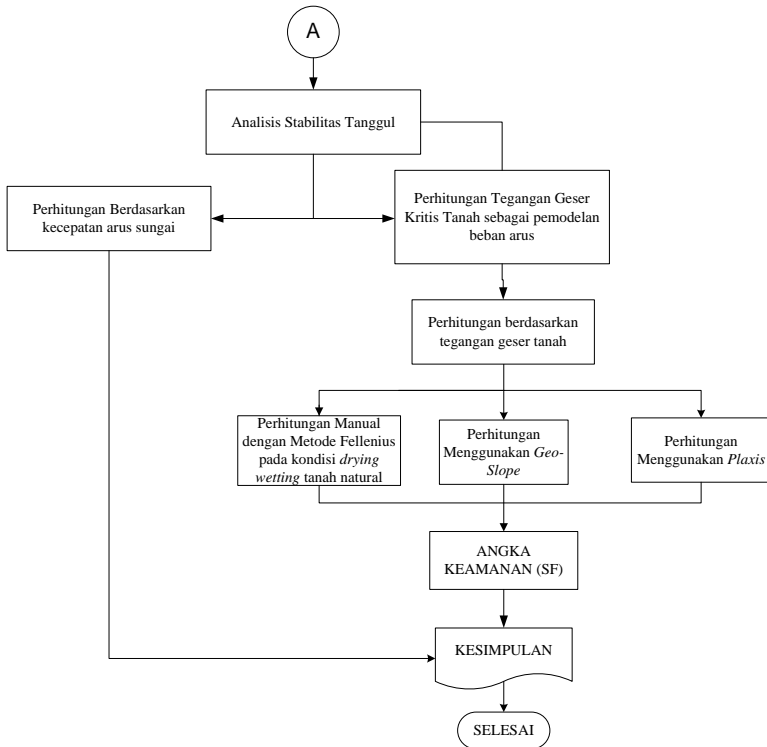
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI

Tahapan yang dilakukan dalam analisis stabilitas tanggul pada Sungai Bengawan Solo di Bojonegoro secara rinci adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram alir analisis stabilitas tanggul sungai

3.1 Data-data setelah pengujian

Pengujian di laboratorium yang telah dilakukan kemudian data tersebut digunakan untuk perhitungan selanjutnya, adapun data yang akan digunakan yaitu karakteristik tanah, fisik tanah, dan mekanik tanah.

3.1.1 Karakteristik Tanah dan Stabilisator

Pengujian karakteristik tanah ditunjukkan untuk mengetahui jenis dari tanah asli tersebut. Hasil dari pengujian karakteristik tanah adalah mendapatkan nilai dari berat jenis,

kadar air, batas atterberg, dan jenis dari tanah natural. Sedangkan untuk stabilisator tidak diuji karakteristik materialnya.

3.1.2 Pembasahan dan Pengeringan

Pengujian pengeringan dan pembasahan dilakukan untuk mengetahui sifat fisik, sifat mekanik, dan dinamik tanah asli dan tanah asli ditambah stabilisator pada kondisi kering dan basah. Pengujian pengeringan dan pembasahan ini dilakukan secara bertahap berdasarkan persentase pengurangan dan penambahan kadar air dari kondisi awal (*initial condition*).

Pada pengujian sifat fisik tanah didapatkan nilai dari berat jenis (*specific gravity*, G_s), kadar air (*water content*, ω_c), batas cair (*liquid limit*, LL), batas plastis (*plastic limit*, PL), indeks plastisitas (*plasticity index*, PI), dan derajat kejenuhan (*saturation*.)

Pengujian sifat mekanik tanah dilakukan dengan melakukan pengujian triaksial dan *Unconfined Compressive Stress* (UCS) untuk mendapatkan nilai kohesi tanah (c), sudut geser dalam (ϕ), modulus young (E), dan koefisien poisson (ν), pengujian tegangan air pori (*suction*), dan pengujian elemen bender.

3.2 Perhitungan korelasi Nilai N-SPT

Perhitungan korelasi dari nilai N-SPT tanah dalam dari hasil boring yaitu dengan menginterpolasi nilai N-SPT dengan parameter-parameter fisis dan mekanis. Untuk tanah *cohesive* yaitu parameter γ_{sat} , q_u , sedangkan untuk tanah *cohesiveless* yaitu γ_{sat} , dan sudut geser dalam (ϕ). Untuk mendapatkan nilai modulus young (E), dan koefisien poisson (ν) di korelasikan dari nilai γ_{sat} .

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk analisis stabilitas tanggul ini adalah data primer dan data sekunder.

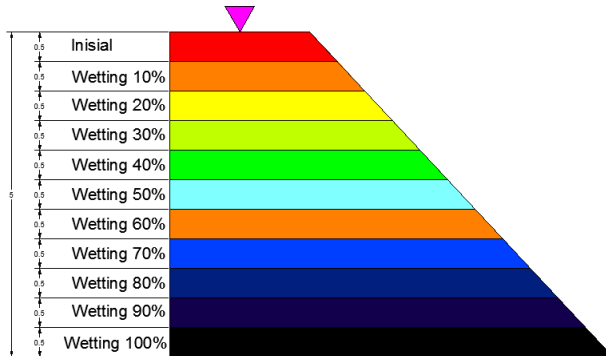
1. Data Penampang Melintang Sungai Bengawan Solo
2. Data Bor tanah dalam

3. Data Fluktuasi Muka Air dan Kecepatan arus Sungai Bengawan Solo
4. Data tanah dan tanah ditambah stabilisator dari hasil pengujian di laboratorium ($\gamma_t, \gamma_{sat}, C_u, \phi, E, v$).

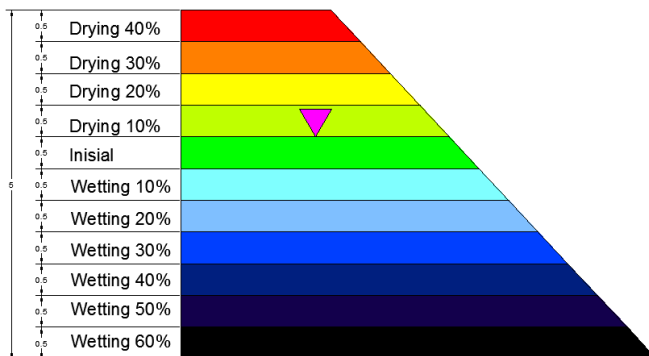
3.4 Konfigurasi Kondisi Tanah

Dari hasil pengujian laboratorium dicari kadar optimum dari campuran tanah asli dan bahan stabilisator, yaitu tanah asli+kapur, tanah asli+fly ash, dan tanah asli+biobakteri. Setelah kadar optimum didapat dari masing-masing campuran, data dianalisis dan dimodelkan di program bantu. Perhitungan dan pemodelan pada tanah yang diuji harus sesuai atau mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan. Dengan memberikan asumsi terhadap kondisi tanah yang mengalami pengeringan dan pembasahan. Persentase dari pengeringan dan pembasahan tanah yaitu 10%, 20%, 30%, sampai dengan 100% dari kondisi inisial. Pada kondisi letak muka air berada di permukaan tanah, kondisi layer tanah tepat di bawah muka air adalah kondisi tanah inisial, layer kedua adalah kondisi pembasahan 10%, layer ketiga adalah kondisi pembasahan 20%, dan seterusnya hingga layer kesepuluh yaitu sampai kedalaman -5 m, kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2. Pada kondisi letak muka air berada di tengah (Gambar 3.3), kondisi layer tanah tepat diatas muka air adalah kondisi pengeringan 10%, layer kedua di atasnya adalah kondisi pengeringan 20%, dan seterusnya sampai layer paling atas (permukaan tanah), sedangkan untuk kondisi layer tanah tepat di bawah muka air sama seperti penjelasan gambar 3.2. Kondisi persentase pengeringan dan pembasahan yang di analisis tergantung dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium.

Untuk kondisi tanah dalam (> -5 meter) dikonfigurasi tanah mengalami pembasahan secara terus menerus dengan asumsi air pada musim hujan mengakibatkan naiknya muka air tanah sehingga diasumsikan mengalami pembasahan 100%.



Gambar 3.2 Konfigurasi *drying wetting* dengan MAT di atas



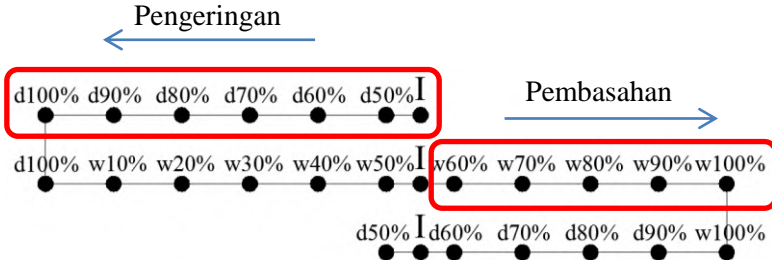
Gambar 3.3 Konfigurasi *drying wetting* dengan MAT di tengah

3.5 Analisis Data dan Perhitungan

Pengelompokan data tanah yang diperoleh dari pengujian laboratorium diolah kembali dengan melakukan langkah sebagai berikut :

1. Dari data SPT tanah dikelompokkan sesuai dengan tingkat kekerasannya menggunakan tabel korelasi
2. Penggambaran profil tanah sesuai dengan jenis tanah pada masing-masing kedalaman.
3. Input data hasil pengujian di laboratorium (γ_t , γ_{sat} , c_u , ϕ , E , ν)

4. Data pengujian tanah natural dan tanah natural + stabilisator yang telah mengalami siklus *drying* dan *wetting* dipilih yaitu siklus 1 sebagai input data *wetting*, sedangkan untuk input data *drying* dipilih dari siklus 2.
5. Dalam pengambilan data parameter tanah pada siklus mengacu pada posisi inisial pada siklus tersebut. Pada siklus *wetting* diambil data dari posisi inisial menuju ke kondisi *wetting* 100%. Untuk siklus *drying* diambil data dari posisi inisial menuju ke kondisi *drying* 100%. Hal ini merupakan asumsi untuk menyesuaikan dengan keadaan di lapangan. Semakin ke atas dari kondisi inisial (ke permukaan) kondisi tanah semakin kering atau mendekati kondisi *drying* 100%. Semakin ke bawah dari kondisi inisial kondisi tanah semakin basah atau mendekati *wetting* 100%. Asumsi pengambilan data tanah digunakan untuk tanah natural dan tanah natural + stabilisator, hanya letak kondisi inisial yang berbeda dari tanah natural dan tanah + stabilisator.



Gambar 3.4 Pemilihan data kondisi *drying wetting*

3.6 Pemodelan tegangan geser kritis tanah

3.6.1 Dasar pemodelan

Pemodelan beban arus sungai pada analisis tanggul ini yaitu dengan menggunakan tegangan geser kritis dari tanah asli kondisi inisial yang ditinjau. Tegangan geser kritis ini diasumsikan bahwa arus sungai akan menggerus tanah tersebut. Tegangan geser kritis tanah didapatkan dari rumus :

$$\tau_c = c + \sigma \tan \phi \dots \dots \dots (3.1)$$

dimana :

τ_c = tegangan kritis tanah

c = kohesi

σ = tekanan overburden

\emptyset = sudut geser dalam

Dari rumus di atas, didapatkan tegangan kritis tanah dengan asumsi kondisi 100% tegangan. Diasumsikan tegangan geser kritis tanah berada dipermukaan tanah, sehingga tekanan *overburden* (σ) = 0, karena h tanah yang membebani = 0.

Dilakukan *trial* dan *error* untuk mendapatkan persentase tegangan yang sesuai dan menghasilkan nilai SF = 1.0. Proses *trial* dan *error* dilakukan menggunakan program bantu *plaxis* yang mana hasil persentase tegangan geser kritis yang didapat dari program *plaxis* ini akan menjadi acuan untuk pemodelan di program *geoslope*.

3.6.2 Pemodelan tegangan geser kritis kondisi *drying-wetting*

Pemodelan beban arus kondisidrying-wetting pada tanah tanggul disesuaikan dengan jumlah layer tanah yang telah dimodelkan untuk kondisi *drying-wetting*, yaitu tanah permukaan sedalam 5 meter yang dibagi menjadi 10 layer tanah yang mana tebal per layer yaitu 0,5 meter. Untuk kondisi 1 (muka air berada di permukaan tanah), beban arus dimodelkan mulai dari permukaan dan besarnya beban tergantung dari nilai tegangan kritis tanah yang telah di *trial* dan *error*. Untuk kondisi 2 (muka air -0,5 meter dari permukaan tanah), beban arus dimodelkan sesuai dengan posisi muka air berada, dan seterusnya hingga kondisi 10 (muka air -4.5 meter dari permukaan tanah).

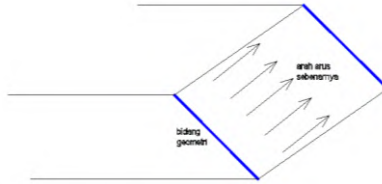
Untuk pemodelan beban arus pada kedalaman > - 5 meter dari permukaan atau tanah yang tidak mengalami kondisi *drying-wetting*, beban arus dimodelkan per 1 meter.

Data tanah yang dipakai dalam proses pemodelan beban ini adalah data tanah natural inisial, jadi beban dimodelkan per layer tanah namun kondisi tanah sedalam 5 meter masih

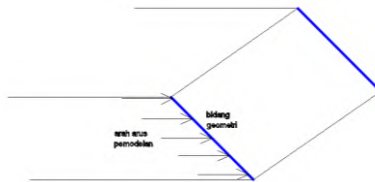
menggunakan data parameter-parameter tanah natural inisial karena sebagai acuan kondisi asli tanah dilapangan.

Persentase tegangan geser kritis tanah yang dihasilkan dari *trial* dan *error* pada tanah asli inisial yang dilakukan hingga mendapatkan nilai $SF = 1,0$ untuk setiap kondisi *drying-wetting* selanjutnya dijadikan variabel tetap dan dipakai untuk menganalisis kondisi tanah yang mengalami proses *drying-wetting*, baik kondisi *drying-wetting* tanah natural inisial, *drying-wetting* tanah natural + kapur, *drying-wetting* tanah natural + *fly ash*, maupun *drying-wetting* tanah natural + biobakteri. Proses *trial* dan *error* dilakukan menggunakan program bantu plaxis, karena plaxis lebih detail dalam menghitung stabilitas dan nilai angka keamanan suatu tanggul, dan juga program plaxis hanya memiliki satu *output* kelongsoran dan nilai angka keamanan, sehingga output ini merupakan hasil kritis dari suatu pemodelan dan dijadikan sebagai patokan untuk pemodelan yang lain yang akan dianalisis.

Pada kondisi di lapangan, arah arus tegak lurus arah bidang gambar jika dilihat dari gambar pemodelan (gambar 3.5), tetapi pada program bantu plaxis dan geo-slope tidak dapat memodelkan arah tegak lurus bidang gambar, sehingga arah tegangan geser kritis (beban arus) diasumsikan horizontal/lateral atau sejajar sumbu x (gambar 3.6). Hal ini dikarenakan agar seluruh tegangan geser kritis pada suatu lapisan sama besarnya karena bebas arus berada. Jika beban dimodelkan tegak lurus dan vertikal bidang geometri (gambar 3.7), beban pada lapisan tersebut akan berbeda-beda pada setiap kedalaman tergantung dari geometri permukaan pada lapisan tersebut. Hal ini akan menyebabkan pemodelan tidak akan memiliki hasil yang logis sesuai lapangan. Pada lapisan tanah permukaan, beban arus dipasang setiap 0.5 m sedalam 5 meter, sedangkan untuk tanah dengan kedalaman lebih dari 5 meter, beban arus dipaaang per meter (gambar 3.8).



Gambar 3.5 Arah arus sebenarnya di lapangan

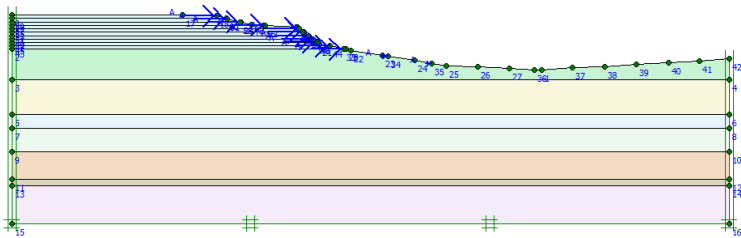


Gambar 3.6 Pemodelan tegangan geser kritis tegak lurus bidang geometri



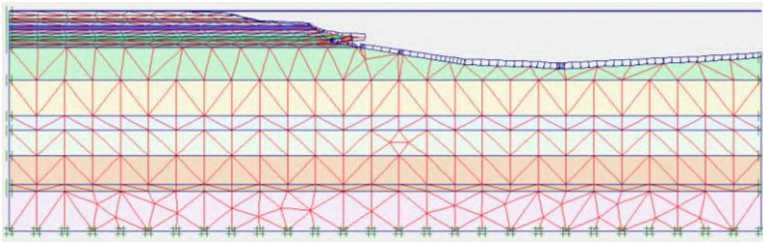
Gambar 3.7 Asumsi arah arus dari tegangan geser tanah

Pemodelan tegangan geser kritis pada tanggul sungai dapat dilihat pada gambar 3.8.

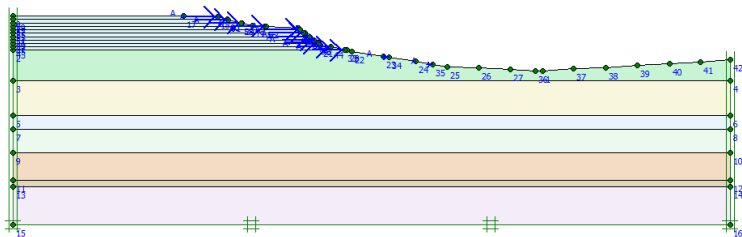


Gambar 3.8 Pemodelan tegangan geser kritis pada tanggul sungai

Pada pemodelan di program, muka air tanah dan muka air sungai tidak digambarkan, sebab fungsi air sudah digantikan oleh beban arus yang dimodelkan dari tegangan geser kritis tanah. Jika muka air sungai dimasukkan pada program, maka akan di hitung sebagai *counter weight* oleh program tersebut. Karena diasumsikan penyebab utama kelongsoran pada tanggul yaitu disebabkan oleh arus sungai yang menggerus tanah tanggul (dapat dilihat pada gambar 3.9 dan gambar 3.10)



Gambar 3.9 Kondisi muka air sungai di lapangan



Gambar 3.10 Kondisi muka air yang telah menjadi beban arus pada program bantu

3.7 Parameter Input Data Program *Plaxis*

Langkah-langkah kerja untuk perhitungan dengan program *Plaxis* adalah sebagai berikut :

1. Input data

Untuk memperoleh hasil analisis metoda elemen hingga yang akurat diperlukan pemodelan tanah yang sesuai dengan

keadaan sesungguhnya di lapangan. Adapun data masukan dalam *software Plaxis* adalah:

- Data lapisan tanah, parameter tanah ditentukan dari interpretasi hasil penyelidikan tanah
 - Data masukkan struktur perkuatan jika merencanakan
 - Data masukkan beban luar
 - Data masukkan kondisi muka air tanah. Pada *software Plaxis* kondisi muka air tanah terdapat pada opsi *initial condition*, dimana pada tahap input muka air tanah yang dimasukkan dapat diganti-ganti pada tahap kalkulasi jika diperlukan.
2. Analisa perhitungan (kalkulasi)
- Pada *initial condition* merupakan kondisi pada saat belum bekerja dan struktur perkuatan belum dipasang. Deformasi yang dihitung merupakan akibat beban berat sendiri. Pada kondisi ini diset menggunakan perhitungan *Ko-Procedure*.
 - Pada proses kalkulasi selanjutnya *calculation type* yang digunakan adalah *stage construction*. Pada tahap ini $\Sigma \text{weight} = 0.00$, sedangkan parameter ΣMload (beban) diaktifkan pada tahap beban dianggap sudah bekerja
 - Pada perhitungan deformasi tanah dan perpindahan total, digunakan opsi *load advancement ultimate level*. Masukkan parameter pada step tambahan merupakan jumlah langkah iterasi maksimum. Iterasi yang dilakukan akan berhenti bila struktur telah mengalami keruntuhan sehingga perpindahan total yang ditampilkan adalah perpindahan total pada kondisi runtuh.
 - Analisa angka keamanan pada lereng terdapat pada prosedur *manual control load advancement number of step* dengan opsi *Phi-C reduction* yang tersedia pada perhitungan kondisi plastis. *Software Plaxis* akan mereduksi parameter kuat geser ϕ dan c secara bertahap (iterasi) sampai terjadi keruntuhan,

termasuk juga mereduksi terhadap *interface* tanah. Pada kondisi ini terjadi keseimbangan gaya yang meruntuhkan dan gaya yang menahan dari kuat geser dari lereng tersebut.

3. Output

Hasil perhitungan (*output*) yang didapat dengan metoda elemen hingga berupa.

- Kalkulasi angka keamanan yang terlihat pada kurva ΣM_{sf} vs *displacement*
- Deformasi tanah dan struktur perkuatan (*total displacement*)
- Gaya-gaya yang bekerja pada struktur perkuatan, yaitu *axial force*, *shear force*, dan *bending moment*

Langkah-langkah pemodelan menggunakan program plaxis secara detail dapat dilihat pada lampiran.

3.8 Parameter Input Data Program *Geo-Slope*

Parameter-parameter input data yang diperlukan untuk menghitung angka keamanan stabilitas lereng dengan program bantu *Geo-Slope* didapat dari hasil perhitungan sifat fisik dan sifat mekanik. Adapun parameter-parameter yang diperlukan adalah : berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam. Analisa keruntuhan tanah dapat digunakan beberapa model, dalam analisa ini dipakai model *Mohr-Coulumb*.

Langkah-langkah kerja untuk perhitungan dengan program SLOPE/W dari *Geo Slope* secara garis besar sebagai berikut :

1. Penggambaran geometri model
2. Input data, yang terdiri dari data berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam.
3. Pemilihan analisa yang akan dipakai yang terdapat di menu *KeyIn*
4. Penggambaran grid dan radius
5. Analisa perhitungan, yaitu proses *verify* dan *calculate*
6. Output, yaitu berupa gambar bidang kelongsoran dan nilai angka keamanan dari metode analisa yang telah dipilih.

Langkah-langkah pemodelan menggunakan program geo-slope secara detail dapat dilihat pada lampiran.

3.9 Perhitungan Manual dengan Metode Fellenius

Perhitungan stabilitas tanggul menggunakan metode Fellenius dilakukan setelah menghitung dengan program *Geo-Slope* dengan langkah sebagai berikut :

1. Penggambaran kondisi tanggul di autocad dengan ukuran yang sama pada gambar tanggul di *Geo-Slope*
2. Tentukan letak titik pusat gelincir dengan mendapatkan dari data *Geo-Slope*,
3. Bagi tanah menjadi beberapa segmen, lebih kecil maka hasil akan lebih detail dan akurat.
4. Untuk tiap segmen tentukan :
 - a. Lebar segmen
 - b. Berat (W) yaitu berat total tanah+beban luar
 - c. Ukur sudut α tiap segmen. Harga α dapat menjadi positif dan negatif tergantung dari posisi segmen berada pada bidang geser atau bidang longsor
5. Hitung Faktor Keamanan dengan menggunakan tabel agar lebih mempermudah

Dan *output* yang didapat adalah nilai dari angka keamanan (*safety factor*) dan dibandingkan dengan perhitungan menggunakan *Geo-Slope*.

3.10 Perhitungan Stabilitas Tanggul berdasarkan kecepatan arus sungai

Dalam perhitungan ini, dihitung terlebih dahulu kecepatan kritis dari arus sungai yang dapat diterima oleh tanggul menggunakan rumus:

$$V_* = \sqrt{gd \sin \theta} \dots\dots\dots (3.2)$$

Kecepatan kritis ini berhubungan dengan kedalaman air sungai, yang mana dalam perhitungan ini diasumsikan perubahan muka air sesuai dengan layer pada tanah permukaan.

Untuk lokasi ruas B1, perhitungan kecepatan kritis arus dilakukan pada perubahan muka air kedalaman 3,5 m, 4 m, 5,5 m, sampai kedalaman 8 m dari dasar sungai. Untuk lokasi ruas B2 perhitungan dilakukan untuk kedalaman 9 m, 9,5 m, 10 m, sampai kedalaman 13,5 m.

Setelah didapatkan kecepatan kritis (V_*) tiap perubahan muka air, lalu dibandingkan dengan kecepatan aktual yang terjadi (V_{aktual}). Apabila :

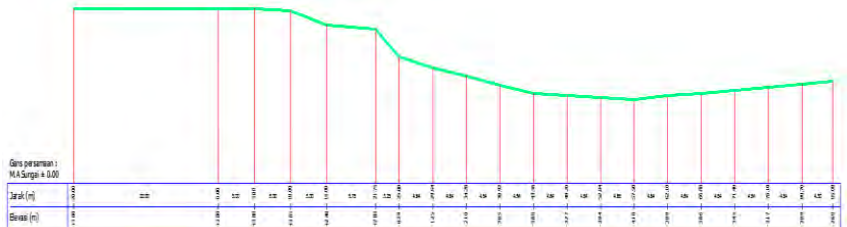
$V_* > V_{\text{aktual}}$, maka tidak terjadi gerusan

$V_* < V_{\text{aktual}}$, maka terjadi gerusan

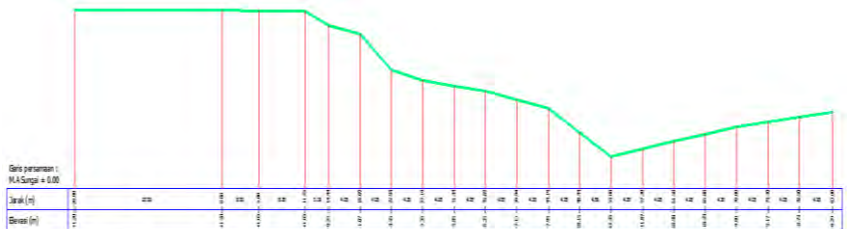
BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA

4.1 Potongan Melintang Tanggul Sungai

Pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 disajikan potongan melintang dari tanggul di ruas B1 dan ruas B2 Sungai Bengawan Solo, Bojonegoro.



Gambar 4.1 Profil memanjang tanggul ruas B1 Sungai Bengawan Solo



Gambar 4.2 Profil memanjang tanggul ruas B2 Sungai Bengawan Solo

4.2 Data Tanah

Data Tanah yang digunakan pada Tugas Akhir ini merupakan data primer dari lokasi kelongsoran di tanggul sungai Bengawan Solo-Bojonegoro yang terdiri dari dua ruas. Data tanah ruas B1 diperoleh dari penelitian Angger Dwi Oktavianto, Tyas Nur Amalia, dan Rizki Fatimah Septiasari. Data tanah ruas B2 diperoleh dari penelitian M. Januar Pratito, Cyela Nor Safitri, dan Windy Safitri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Berikut ini adalah data tanah yang diperoleh dari hasil penelitian:

4.2.1 Data tanah inisial natural

Tabel 4.1 Jenis Tanah Ruas B1 dan Ruas B2

Kedalaman (m)	Jenis Tanah
0-5	Lanau Lempung Berpasir
5-9.5	Lempung Berpasir
9.5-14.5	Pasir Lempung Berlanau
14.5-16.5	Lempung
16.5-20	Lempung
20-24	Lempung
24-25	Lempung Berpasir
25-30.5	Lempung

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, dan data sekunder, 2014)

Pada kedalaman 0 – 5 meter jenis tanah didapatkan dari hasil pengujian Analisa Ukuran Butir di laboratorium yang diwakili oleh sampel tanah yang diambil sedalam 1,5 meter dari permukaan tanggul. Sedangkan untuk kedalaman 5 – 30.5 meter didapatkan dari hasil bor lapangan.

Dari data jenis tanah bor log visualisasi dan pengujian laboratoruim pada ruas B1 dan ruas B2 (Tabel 4.1) dapat disimpulkan bahwa lapisan tanah dibagi menjad delapan bagian yaitu lapisan pertama dengan tanah lanau lempung berpasir, lapisan kedua tanah lempung berpasir, lapisan ketiga tanah pasir lempung berlanau, lapisan terakhir tanah keempat sampai dengan keenam yaitu tanah lempung, lapisan tanah ketujuh lempung berpasir, dan lapisan tanah terakhir adalah lempung.

a. Data Plastisitas Tanah

Data batas-batas Atterberg untuk tanah pada kedalaman 1,5 meter dari permukaan untuk lokasi kelongsoran di Tanggul Sungai Bengawan Solo ruas B1 dan ruas B2 di Bojonegoro terdapat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Plastisitas Tanah Ruas B1 dan Ruas B2

Ruas	LL	PL	PI
B1	56.00	19.27	36.73
B2	57.00	25.96	31.04

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari Tabel 4.2 hasil penelitian tanah dapat dilihat plastisitas suatu tanah, semakin besar nilai indeks plastisitas maka tanah tersebut semakin plastis.

b. Data Parameter Fisis

Data tanah untuk nilai kadar air (ω_c), *Spesific Gravity* (G_s), berat isi kering (γ_d), berat isi tanah (γ_t), berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), porositas (n), dan angka pori (e) pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4

Tabel 4.3 Parameter fisis (kedalaman 1,5 meter dari permukaan)

Ruas	Parameter Fisis						
	ω_c (%)	G_s	n (%)	e	γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
B1	16.913	2.737	0.523	1.096	15.261	18.283	13.053
B2	40.48	2.625	0.525	1.104	17.530	17.723	12.480

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Data parameter fisis pada Tabel 4.3 dipakai sebagai data untuk parameter fisis kedalaman 0-5 meter, karena diasumsikan jenis tanah pada kedalaman 0-1,5 meter sama dengan jenis tanah 0-5 meter.

Tabel 4.4 Parameter fisis (kedalaman 5-30,5 meter)

Kedalaman (m)	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	e	n	Gs	(ω_{sat}) (%)
5-9.5	13.342	16.444	10.240	1.640	0.620	2.700	60.816
9.5-14.5	11.056	14.667	7.445	2.646	0.722	2.700	97.879
14.5-16.5	13.683	16.222	11.143	1.421	0.586	2.700	52.814
16.5-20	13.435	17.000	9.870	1.739	0.635	2.700	64.443
20-24	12.750	16.000	9.500	1.850	0.650	2.700	68.550
24-25	14.476	17.333	11.619	1.326	0.571	2.700	49.199
25-30.5	14.206	17.111	11.301	1.390	0.581	2.700	51.609

(Sumber : data sekunder, 2014)

Data pada Tabel 4.4 didapatkan dari hasil korelasi nilai N-SPT terhadap parameter-parameter fisis tanah (dalam buku Herman Wahyudi, 1999). Data di atas dipakai sebagai data input untuk analisis menggunakan program bantu terhadap tanggul ruas B1 dan ruas B2.

c. Data Parameter Mekanis

Data nilai parameter mekanis yaitu kekuatan geser *undrained* dari tanah lempung atau kohesi (c_u), sudut geser internal (ϕ), dan kekuatan tekanan tak tersekap (q_u), terlampir pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Parameter Mekanis Ruas B1 dan Ruas B2

Kedalaman (m)	Parameter Mekanis					
	B1			B2		
	q_u (kN/m ²)	c_u (kN/m ²)	ϕ	q_u (kN/m ²)	c_u (kN/m ²)	ϕ
0-5	184.4	92.2	4.42	111.2	55.6	4.3
5-9.5	36.67	18.33	0	36.67	18.33	0
9.5-14.5	0	0	29.67	0	0	29.67
14.5-16.5	18.75	9.38	0	18.75	9.38	0
16.5-20	33.33	16.67	0	33.33	16.67	0
20-24	30.00	15.00	0	30.00	15.00	0
24-25	50.00	25.00	0	50.00	25.00	0
25-30.5	46.67	23.33	0	46.67	23.33	0

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, dan data sekunder, 2014)

4.2.2 Data tanah inisial+stabilisator

Data tanah inisial+stabilisator ini didapat dari hasil campuran optimum masing-masing stabilisator yaitu kapur, *fly ash*, dan biobakteri. Untuk tanggul ruas B1, didapat campuran optimum kapur terhadap tanah inisial yaitu tanah inisial + 8% kapur, untuk *fly ash* didapat campuran optimum tanah inisial+ 15% *fly ash* dan untuk biobakteri didapatkan campuran optimum yaitu tanah inisial + 5% biobakteri. Untuk tanggul ruas B2, didapat campuran optimum kapur terhadap tanah inisial yaitu tanah inisial + 6% kapur, untuk *fly ash* didapat campuran optimum tanah inisial+ 10%*fly ash* dan untuk biobakteri didapatkan campuran optimum yaitu tanah inisial + 7% biobakteri. Data-data dari tanah+stabilisator terdapat pada tabel di bawah ini:

- a. Data Plastisitas, Parameter fisis dan mekanis tanah inisial + 8% kapur tanggul ruas B1:

Tabel 4.6 Data Tanah Natural B1 + 8% Kapur

Tanah Natural B1 + 8% Kapur		
Plastisitas	LL (%)	37
	PL (%)	32.907
	PI (%)	4.093
Parameter Fisis	e (%)	1.010
	n (%)	0.502
	ω_c (%)	28.047
	γ_d (gr/cc)	1.353
	γ_t (gr/cc)	1.732
	Sr (%)	75.508
	Gs	2.718
	γ_{sat} (gr/cc)	1.855
	c_u (gr/cm ²)	6.290
Parameter Mekanis	\emptyset (°)	1.191
	q_u (gr/cm ²)	12.579

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

- b. Data Plastisitas, Parameter fisis dan mekanis tanah inisial + 15% *flyash* tanggul ruas B1

Tabel 4.7 Data Tanah Natural B1 + 15% *Flyash*

Tanah Natural B1 + 15% <i>Flyash</i>		
Plastisitas	LL (%)	49
	PL (%)	25.317
	PI (%)	23.183
Parameter Fisis	e (%)	1.080
	n (%)	0.519
	ω_c (%)	30.007
	γ_d (gr/cc)	1.354
	γ_t (gr/cc)	1.761
	Sr (%)	78.267
	Gs	2.817
	γ_{sat} (gr/cc)	1.873
Parameter Mekanis	c_u (gr/cm²)	1.094
	ϕ (°)	3.831
	q_u (gr/cm²)	2.188

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

- c. Data Plastisitas, Parameter fisis dan mekanis tanah inisial + 5% biobakteri tanggul ruas B1

Tabel 4.8 Data Tanah Natural B1 + 5% Biobakteri

Tanah Natural B1 + 5% Biobakteri		
Plastisitas	LL (%)	56
	PL (%)	24.212
	PI (%)	31.788
Parameter Fisis	e (%)	1.061
	n (%)	0.515
	ω_c (%)	30.003

	γ_d (gr/cc)	1.349
	γ_t (gr/cc)	1.754
	Sr (%)	78.642
	Gs	2.781
	γ_{sat} (gr/cc)	1.864
Parameter Mekanis	c_u (gr/cm ²)	1.913
	ϕ (°)	3.106
	q_u (gr/cm ²)	3.825

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

- d. Data Plastisitas, Parameter fisis dan mekanis tanah inisial + 6% kapur tanggul ruas B2

Tabel 4.9 Data Tanah Natural B2 + 6% Kapur

Tanah Natural B2 + 6% Kapur		
Plastisitas	LL (%)	38
	PL (%)	32.317
	PI (%)	5.683
Parameter Fisis	e (%)	0.984
	n (%)	0.496
	ω_c (%)	27.081
	γ_d (gr/cc)	1.364
	γ_t (gr/cc)	1.733
	Sr (%)	74.447
	Gs	2.705
	γ_{sat} (gr/cc)	1.859
	c_u (gr/cm²)	5.525
Parameter Mekanis	ϕ (°)	4.900
	q_u (gr/cm²)	11.050

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

- e. Data Plastisitas, Parameter fisis dan mekanis tanah inisial + 10% *flyash* tanggul ruas B2

Tabel 4.10 Data Tanah Natural B2 + 10% *Flyash*

Tanah Natural B2 + 10% <i>Flyash</i>		
Plastisitas	LL (%)	40
	PL (%)	21.706
	PI (%)	18.294
Parameter Fisis	e (%)	1.018
	n (%)	0.504
	ωc (%)	24.969
	γ_d (gr/cc)	1.368
	γ_t (gr/cc)	1.710
	Sr (%)	67.718
	Gs	2.761
	γ_{sat} (gr/cc)	1.873
Parameter Mekanis	c_u (gr/cm²)	1.230
	ϕ (°)	2.700
	q_u (gr/cm²)	2.460

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

- f. Data Plastisitas, Parameter fisis dan mekanis tanah inisial + 7% biobakteri tanggul ruas B2

Tabel 4.11 Data Tanah Natural B2 + 7% Biobakteri

Tanah Natural B2 + 7% Biobakteri		
Plastisitas	LL (%)	50
	PL (%)	27.205
	PI (%)	22.795
Parameter Fisis	e (%)	1.074
	n (%)	0.518
	ωc (%)	29.527

Parameter Mekanis	γ_d (gr/cc)	1.373
	γ_t (gr/cc)	1.778
	Sr (%)	78.262
	Gs	2.847
	γ_{sat} (gr/cc)	1.890
	c_u (gr/cm ²)	2.211
	ϕ (°)	2.600
	q_u (gr/cm ²)	4.422

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

4.3 Perhitungan tegangan geser kritis tanah

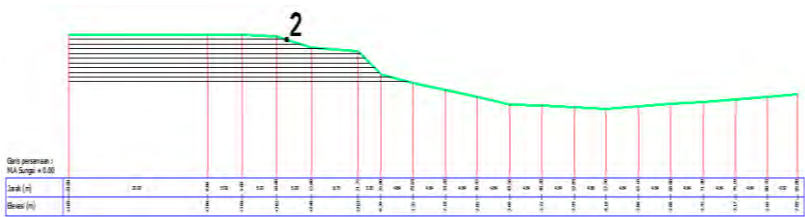
Data yang diperlukan untuk menghitung tegangan geser kritis tanah antara lain γ_{sat} , γ_t , c_u , ϕ . Pada perhitungan ini diambil contoh konfigurasi pengeringan dan pembasahan dengan muka air +7.5 meter dari dasar sungai untuk lokasi ruas B1 dan muka air +13.0 meter dari dasar sungai untuk lokasi ruas B2, dengan demikian asumsi seluruh tanah seluruhnya terendam (jenuh).

Data tanah permukaan (-5 meter dari permukaan) dan perhitungan tegangan geser kritis untuk ruas B1 Sungai Bengawan Solo adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Parameter untuk mencari tegangan geser kritis tanah ruas B1

Kedalaman lapisan tanah (m)	γ_{sat} (KPa)	γ_t (KPa)	c' (KPa)	ϕ (°)
0-5	18.283	15.261	61.478	4.42
5-9.5	16.444	13.342	12.222	0

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, dan data sekunder, 2014)



Gambar 4.3 Letak titik 2 pada tanggul ruas 1

Perhitungan tegangan geser kritis pada titik 2 (pada kedalaman 0-5 meter) yaitu sebagai berikut:

- Mencari tegangan overburden tanah:
 Karena tegangan geser kritis di asumsikan terjadi di permukaan tanah, maka $h \text{ tanah} = 0$. Maka

$$\sigma = h \times (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)$$
$$= 0 \times (18.283 - 10)$$
$$= 0$$
- Mencari tegangan geser kritis tanah:

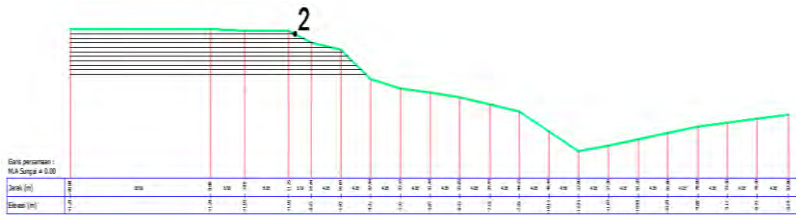
$$\tau_c = c' + \sigma \tan \phi$$
$$= 61.478 + (0 \times \tan 4.42)$$
$$= 61.478 \text{ KPa}$$

Data tanah permukaan (-5 meter dari permukaan) dan perhitungan tegangan geser kritis untuk ruas B2 Sungai Bengawan Solo adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13 Parameter untuk mencari tegangan geser kritis tanah ruas B2

Kedalaman lapisan tanah (m)	γ_{sat} (KPa)	γ_t (KPa)	c' (KPa)	ϕ (°)
0-5	17.723	17.530	37.067	4.3
5-9.5	16.444	13.342	12.222	0

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, dan data sekunder, 2014)



Gambar 4.4 Letak titik 2 pada tanggul ruas 2

Perhitungan tegangan geser kritis pada titik 2 (pada kedalaman 0-5 meter) yaitu sebagai berikut:

- Mencari tegangan overburden tanah:

Karena tegangan geser kritis di asumsikan terjadi di permukaan tanah, maka $h \text{ tanah} = 0$. Maka

$$\begin{aligned}\sigma &= h \times (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \\ &= 0 \times (17.723 - 10) \\ &= 0\end{aligned}$$

- Mencari tegangan geser kritis tanah:

$$\begin{aligned}\tau_c &= c + \sigma \tan \phi \\ &= 37.067 + (0 \times \tan 4.3) \\ &= 37.067 \text{ KPa}\end{aligned}$$

Beban di atas diasumsikan merupakan tegangan geser kritis 100%. Lalu dicoba dimodelkan ke dalam program bantu *plaxis* apakah analisis tanggul menghasilkan *safety factor* = 1.0 atau tidak.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, dengan tegangan geser kritis 100%, tanah mengalami keruntuhan. Oleh sebab itu tegangan geser kritis direduksi dan di *trial & error* di program bantu. Persentase tegangan geser kritis yang telah di *trial & error* untuk lokasi ruas B1 dan ruas B2 dapat dilihat pada tabel 4.14 dan tabel 4.15.

Tabel 4.14 Persentase tegangan geser kritis tereduksi tiap perubahan muka air sungai lokasi ruas B1

Lokasi	Kondisi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	Persentase Tegangan Kritis	SF Tegangan Kritis Tanah Natural
B1	1	8	20%	1.0389
	2	7.5	20%	1.0403
	3	7	20%	1.0427
	4	6.5	20%	1.0466
	5	6	20%	1.0486
	6	5.5	20%	1.0509
	7	5	20%	1.0501
	8	4.5	20%	1.0545
	9	4	20%	1.058
	10	3.5	20%	1.0618

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.15 Persentase tegangan geser kritis tereduksi tiap perubahan muka air sungai lokasi ruas B2

Lokasi	Kondisi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	Persentase Tegangan Kritis	SF Tegangan Kritis Tanah Natural
B2	1	13.5	35%	1.0122
	2	13	35%	1.0148
	3	12.5	35%	1.017
	4	12	35%	1.0199
	5	11.5	35%	1.0227

	6	11	35%	1.0253
	7	10.5	35%	1.028
	8	10	35%	1.0308
	9	9.5	35%	1.034
	10	9	35%	1.0374

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.16 Besar tegangan geser kritis setiap titik, elevasi dihitung dari dasar sungai ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Geser Kritis (kN)
B1	8	12.296
	7.5	12.296
	7	12.296
	6.5	12.296
	6	12.296
	5.5	12.296
	5	12.296
	4.5	12.296
	4	12.296
	3.5	12.296
	3	2.444
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.17 Besar tegangan geser kritis setiap titik, elevasi dihitung dari dasar sungai ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Geser Kritis (kN)
B2	13.5	12.973
	13	12.973
	12.5	12.973
	12	12.973
	11.5	12.973
	11	12.973
	10.5	12.973
	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.16 dan tabel 4.17 merupakan besarnya tegangan geser kritis yang telah direduksi sesuai dengan persentase reduksi masing-masing lokasi. Tegangan geser kritis di atas digunakan sebagai input untuk semua kondisi konfigurasi *drying-wetting* dari kondisi 1 sampai dengan kondisi 10. Input tegangan disesuaikan dengan elevasi perubahan muka air. Apabila elevasi

muka air sungai berada pada kedalaman 8 meter, maka data tegangan dipakai semua, jika muka air sungai berada pada kedalaman 5 meter. Maka data tegangan yang dipakai yaitu data dari elevasi muka air pada kedalaman 5 meter hingga data pada kedalaman 1 meter.

4.4 Perhitungan Nilai Angka Keamanan tegangan geser kritis tanah

Pehitungan nilai angka keamanan kritis dari tanggul ruas B1 dan ruas B2 Sungai Bengawan Solo menggunakan program bantu *Plaxis*. Data parameter tanah untuk semua konfigurasi sama, yang membedakan adalah perubahan muka air dan nilai tegangan geser kritis yang telah direduksi.

Tabel 4.18 Data parameter fisis tanah natural

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Parameter fisis		
		γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
0-5	Lanau Lempung Berpasir	15.261	18.283	13.053
5-9.5	Lempung Berpasir	13.342	16.444	10.240
9.5-14.5	Pasir Lempung Berlanau	11.056	14.667	7.445
14.5-16.5	Lempung	13.683	16.222	11.143
16.5-20	Lempung	13.435	17.000	9.870
20-24	Lempung	12.750	16.000	9.500
24-25	Lempung Berpasir	14.476	17.333	11.619
25-30.5	Lempung	14.206	17.111	11.301

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, dan data sekunder, 2014)

Tabel 4.19 Data parameter mekanis tanah natural untuk ruas B1

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Parameter Mekanis			
		ϕ	c' (KPa)	ν	E (kN/m ²)
0-5	Lanau Lempung Berpasir	4.420	61.478	0.207	7859
5-9.5	Lempung Berpasir	1.000	12.222	0.200	3986
9.5-14.5	Pasir Lempung Berlanau	29.667	0.000	0.200	27600
14.5-16.5	Lempung	1.000	11.111	0.200	3718
16.5-20	Lempung	1.000	6.583	0.150	4658
20-24	Lempung	1.000	10.000	0.200	3450
24-25	Lempung Berpasir	1.000	16.667	0.200	5060
25-30.5	Lempung	1.000	15.556	0.200	4792

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, dan data sekunder, 2014)

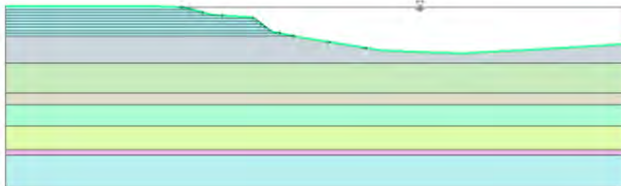
Tabel 4.20 Data parameter mekanis tanah natural untuk ruas B2

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Parameter Mekanis			
		ϕ	c' (KPa)	ν	E (kN/m ²)
0-5	Lanau Lempung Berpasir	4.300	37.067	0.193	3811
5-9.5	Lempung Berpasir	7.000	20.000	0.200	5865
9.5-14.5	Pasir Lempung Berlanau	29.667	10.000	0.200	27600
14.5-16.5	Lempung	6.000	16.667	0.200	5865
16.5-20	Lempung	2.000	10.000	0.150	5865
20-24	Lempung	5.000	16.667	0.200	3450
24-25	Lempung Berpasir	11.000	20.000	0.200	5865
25-30.5	Lempung	10.000	20.000	0.200	5865

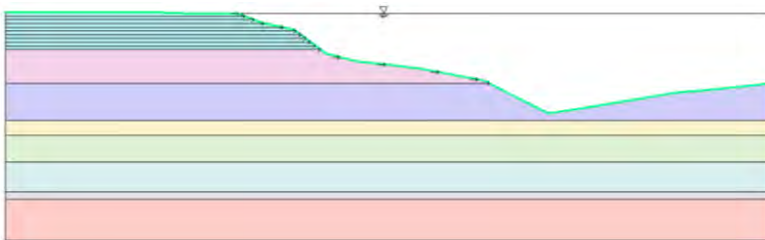
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, dan data sekunder, 2014)

4.4.1 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 1

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 1, muka air berada pada kedalaman 8 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.



Gambar 4.5 Kondisi 1 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 8 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.6 Kondisi 1 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 8 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.21 Nilai tegangan geser kritis kondisi 1 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	8	12.296
	7.5	12.296
	7	12.296
	6.5	12.296
	6	12.296
	5.5	12.296
	5	12.296
	4.5	12.296
	4	12.296
	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.22 Nilai tegangan geser kritis kondisi 1 ruas B2

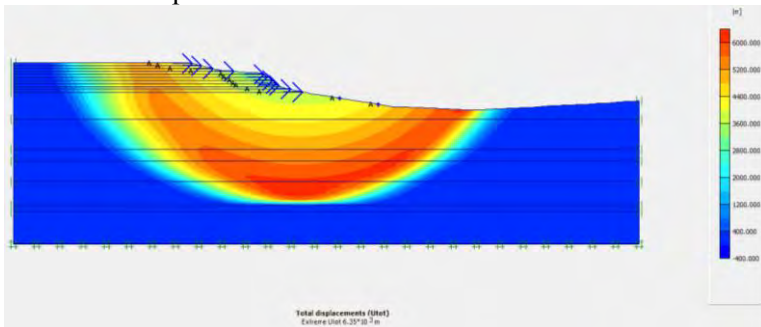
Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	13.5	12.973
	13	12.973
	12.5	12.973
	12	12.973
	11.5	12.973
	11	12.973
	10.5	12.973
	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

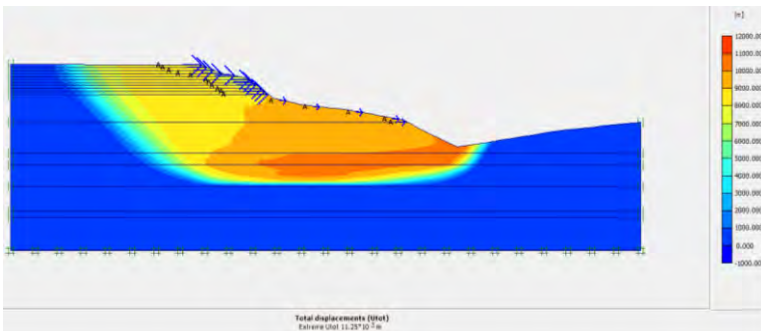
Dari data dan pengkondisian 1 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 1 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.7 dan gambar 4.8 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 1.

Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0389$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0119$ pada ruas B2.



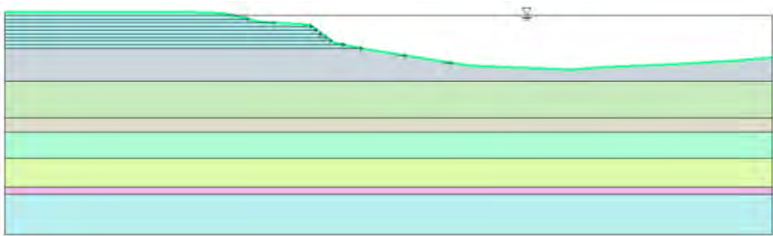
Gambar 4.7 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 1 pada ruas B1 ($SF=1.0389$)



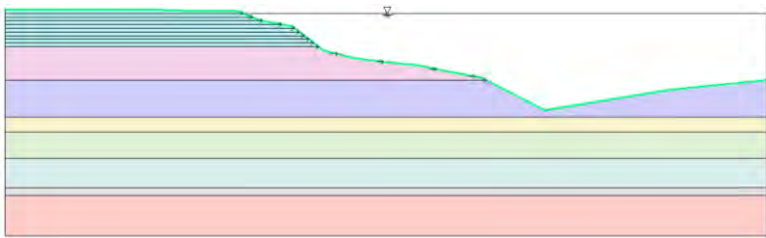
Gambar 4.8 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 1 pada ruas B2 ($SF= 1.0119$)

4.4.2 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 2

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 2, muka air berada pada kedalaman 7.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.9 dan gambar 4.10.



Gambar 4.9 Kondisi 2 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 7.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.10 Kondisi 2 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 13 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.23 Nilai tegangan geser kritis kondisi 2 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	7.5	12.296
	7	12.296
	6.5	12.296
	6	12.296
	5.5	12.296
	5	12.296
	4.5	12.296

	4	12.296
	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

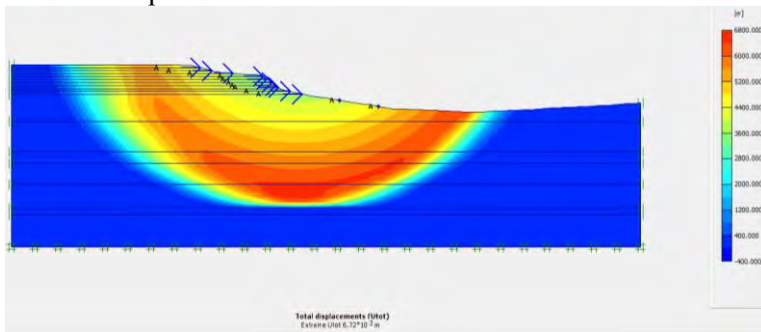
Tabel 4.24 Nilai tegangan geser kritis kondisi 2 ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	13	12.973
	12.5	12.973
	12	12.973
	11.5	12.973
	11	12.973
	10.5	12.973
	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

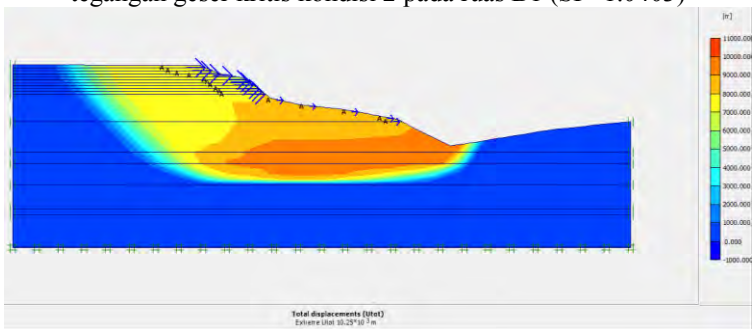
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari data dan pengkondisian 2 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 2 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.11 dan gambar 4.12 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 2. Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0403$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0151$ pada ruas B2.



Gambar 4.11 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 2 pada ruas B1 ($SF=1.0403$)

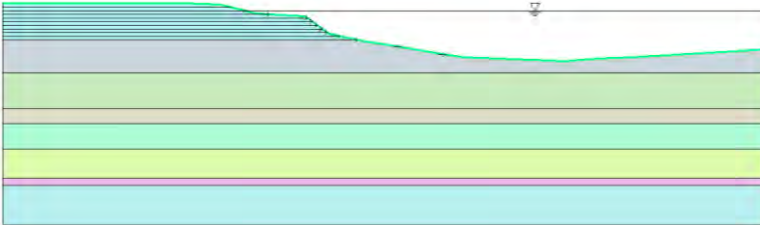


Gambar 4.12 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 2 pada ruas B2 ($SF= 1.0151$)

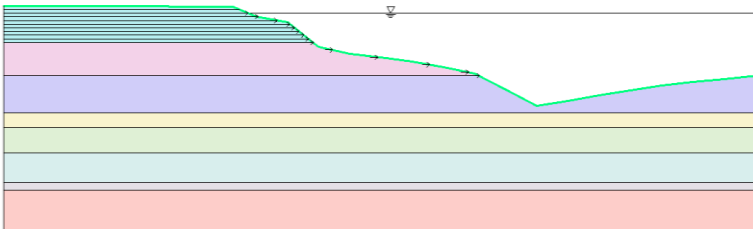
4.4.3 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 3

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 3, muka air berada pada kedalaman 7 m dari dasar sungai

untuk ruas B1 dan 12.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.13 dan gambar 4.14.



Gambar 4.13 Kondisi 3 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 7 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.14 Kondisi 3 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 12.5 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.25 Nilai tegangan geser kritis kondisi 3 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	7	12.296
	6.5	12.296
	6	12.296
	5.5	12.296
	5	12.296

	4.5	12.296
	4	12.296
	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

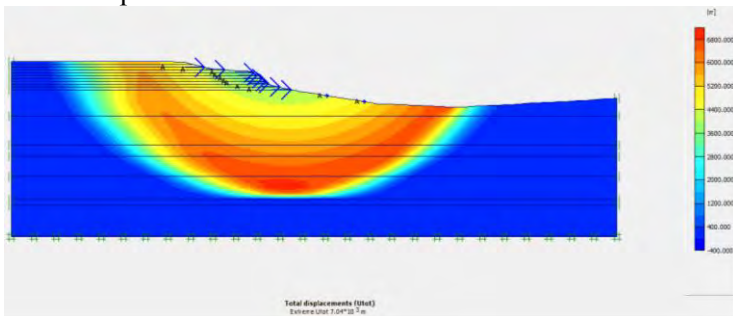
Tabel 4.26 Nilai tegangan geser kritis kondisi 3 ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	12.5	12.973
	12	12.973
	11.5	12.973
	11	12.973
	10.5	12.973
	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

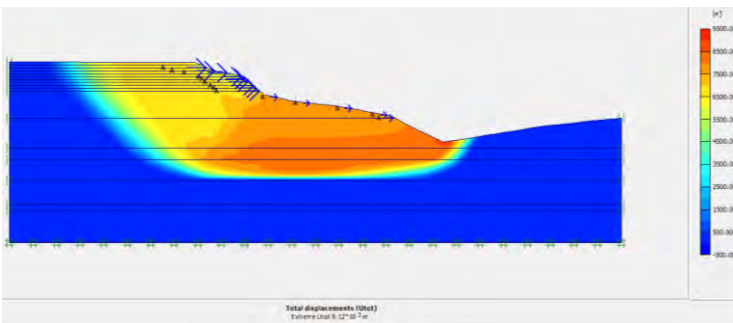
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari data dan pengkondisian 3 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 3 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.15 dan gambar 4.16 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 3. Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0427$ pada ruas B1 dan $SF = 1.017$ pada ruas B2.



Gambar 4.15 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 3 pada ruas B1 ($SF= 1.0427$)

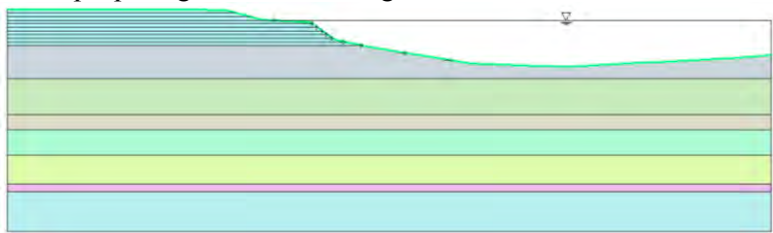


Gambar 4.16 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 3 pada ruas B2 ($SF= 1.017$)

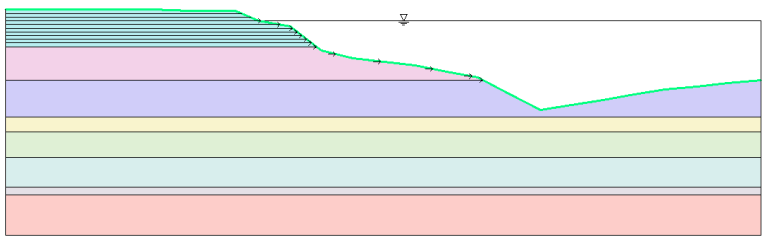
4.4.4 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 4

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 4, muka air berada pada kedalaman 6.5 m dari dasar

sungai untuk ruas B1 dan 12 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.17 dan gambar 4.18.



Gambar 4.17 Kondisi 4 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 6.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.18 Kondisi 4 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 12 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.27 Nilai tegangan geser kritis kondisi 4 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	6.5	12.296
	6	12.296
	5.5	12.296
	5	12.296
	4.5	12.296

	4	12.296
	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

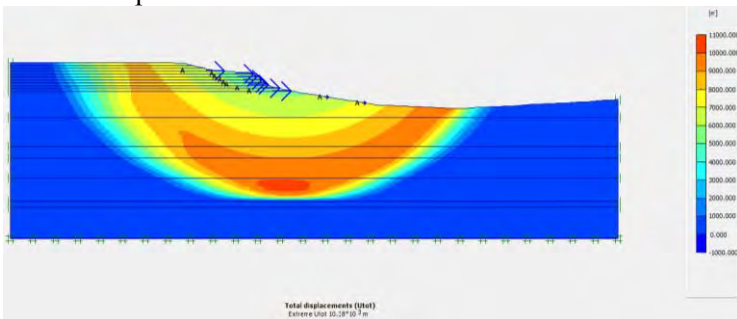
Tabel 4.28 Nilai tegangan geser kritis kondisi 4 ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	12	12.973
	11.5	12.973
	11	12.973
	10.5	12.973
	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

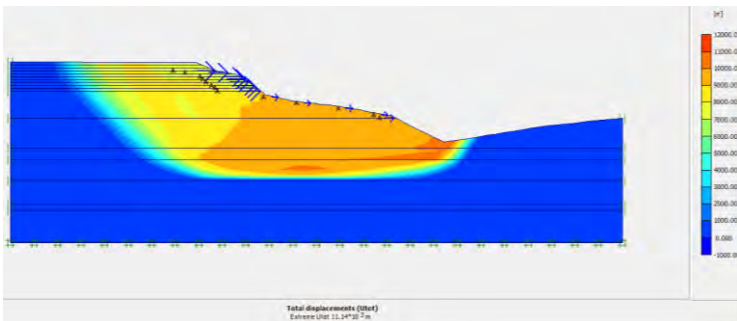
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari data dan pengkondisian 4 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 4 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.19 dan gambar 4.20 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 4. Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0466$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0199$ pada ruas B2.



Gambar 4.19 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 4 pada ruas B1 ($SF = 1.0466$)

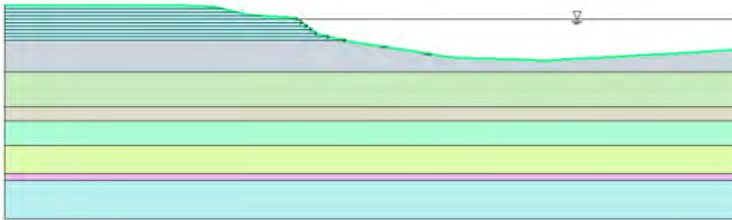


Gambar 4.20 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 4 pada ruas B2 ($SF = 1.0199$)

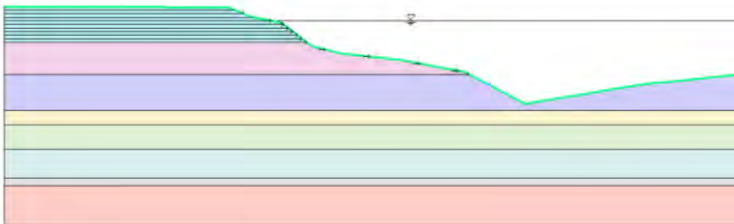
4.4.5 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 5

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 5, muka air berada pada kedalaman 6 m dari dasar sungai

untuk ruas B1 dan 11.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.21 dan gambar 4.22.



Gambar 4.21 Kondisi 5 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 6 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.22 Kondisi 5 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 11.5 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.29 Nilai tegangan geser kritis kondisi 5 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	6	12.296
	5.5	12.296
	5	12.296
	4.5	12.296
	4	12.296
	3.5	12.296

	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.30 Nilai tegangan geser kritis kondisi 5 ruas B2

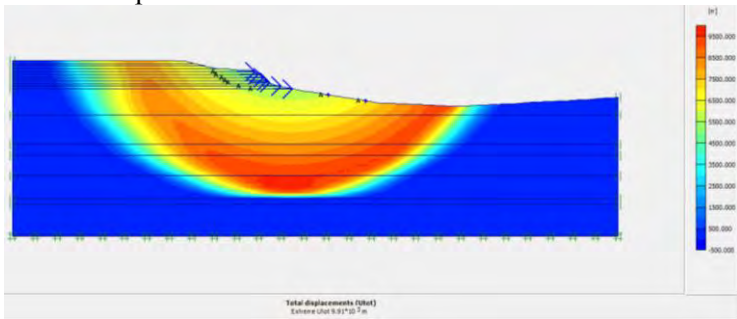
Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	11.5	12.973
	11	12.973
	10.5	12.973
	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

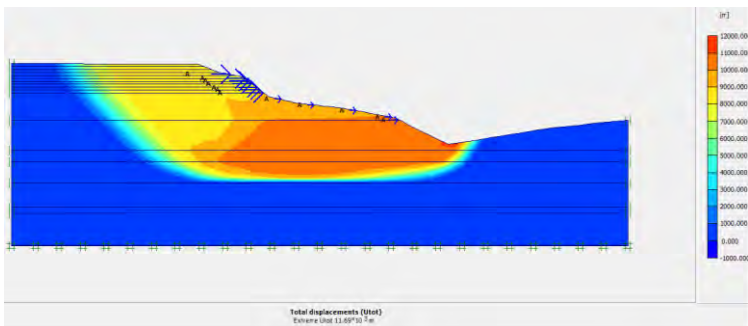
Dari data dan pengkondisian 5 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 5 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.23 dan gambar 4.24 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 5.

Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0486$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0227$ pada ruas B2.



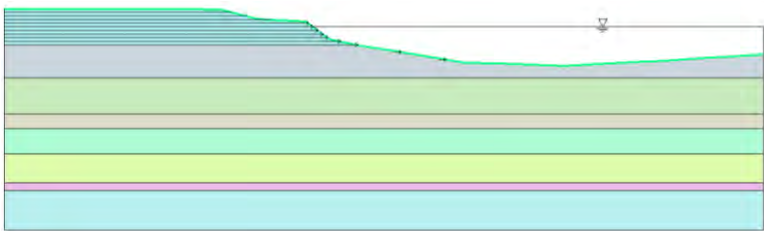
Gambar 4.23 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 5 pada ruas B1 ($SF= 1.0486$)



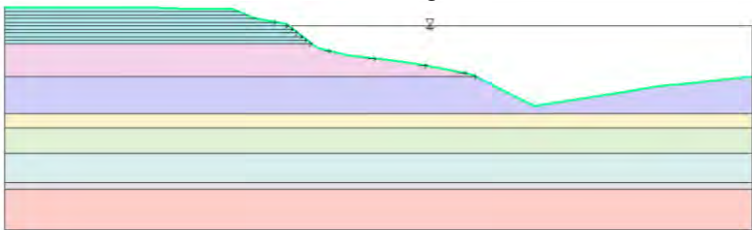
Gambar 4.24 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 5 pada ruas B2 ($SF= 1.0227$)

4.4.6 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 6

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 6, muka air berada pada kedalaman 5.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.25 dan gambar 4.26.



Gambar 4.25 Kondisi 6 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 5.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.26 Kondisi 6 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 11 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.31 Nilai tegangan geser kritis kondisi 6 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	5.5	12.296
	5	12.296
	4.5	12.296
	4	12.296
	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

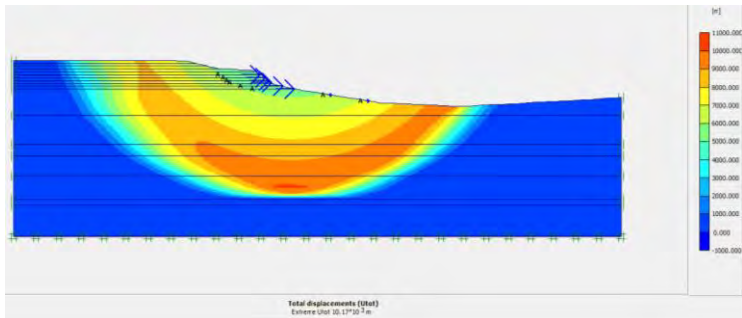
Tabel 4.32 Nilai tegangan geser kritis kondisi 6 ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	11	12.973
	10.5	12.973
	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

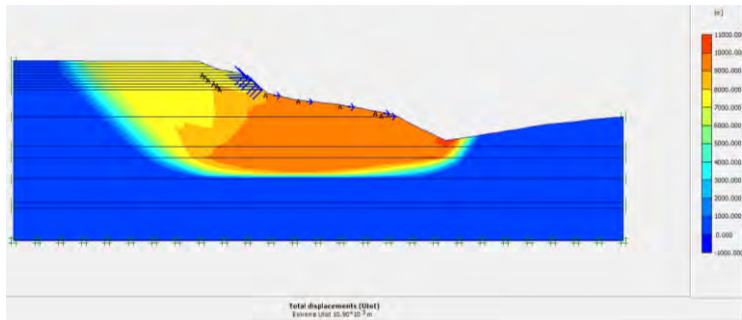
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari data dan pengkondisian 6 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 6 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.27 dan gambar 4.28 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 6. Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0509$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0253$ pada ruas B2.



Gambar 4.27 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 6 pada ruas B1 (SF= 1.0509)



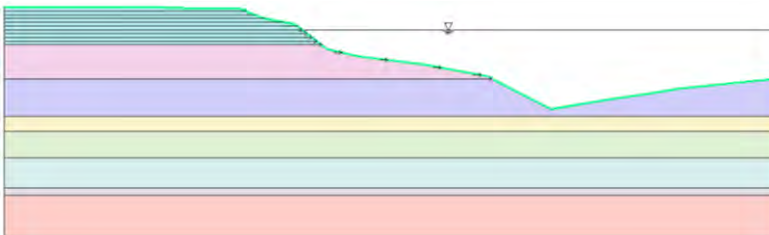
Gambar 4.28 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 6 pada ruas B2 (SF= 1.0253)

4.4.7 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 7

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 7, muka air berada pada kedalaman 5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.29 dan gambar 4.30..



Gambar 4.29 Kondisi 7 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.30 Kondisi 7 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 10.5 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.33 Nilai tegangan geser kritis kondisi 7 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	5	12.296
	4.5	12.296
	4	12.296
	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

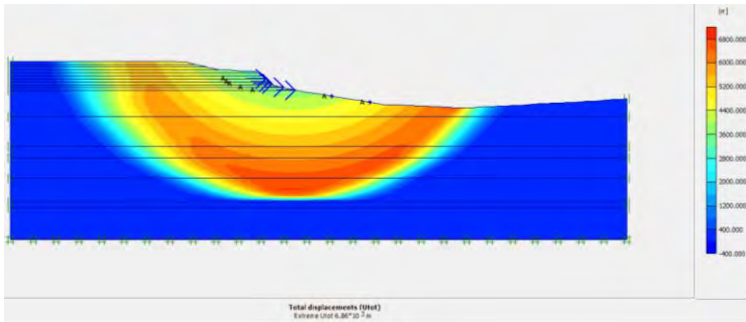
Tabel 4.34 Nilai tegangan geser kritis kondisi 7 ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	10.5	12.973
	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

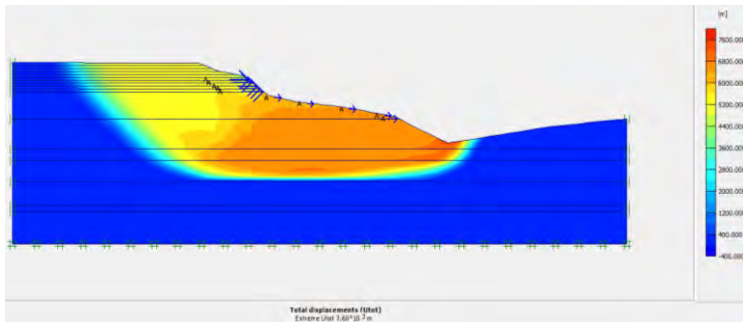
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari data dan pengkondisian 7 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 7 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.31 dan gambar 4.32 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 7. Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0501$ pada ruas B1 dan $SF = 1.028$ pada ruas B2.



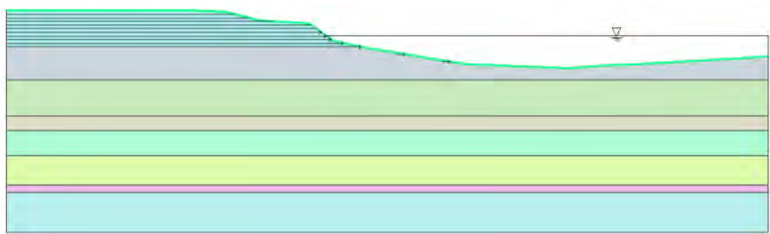
Gambar 4.31 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 7 pada ruas B1 (SF= 1.0501)



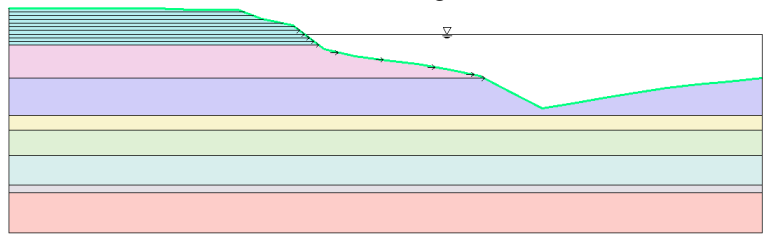
Gambar 4.32 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 7 pada ruas B2 (SF= 1.028)

4.4.8 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 8

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 8, muka air berada pada kedalaman 4.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.33 dan gambar 4.34.



Gambar 4.33 Kondisi 8 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 4.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.34 Kondisi 8 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 10 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.35 Nilai tegangan geser kritis kondisi 8 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	4.5	12.296
	4	12.296
	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

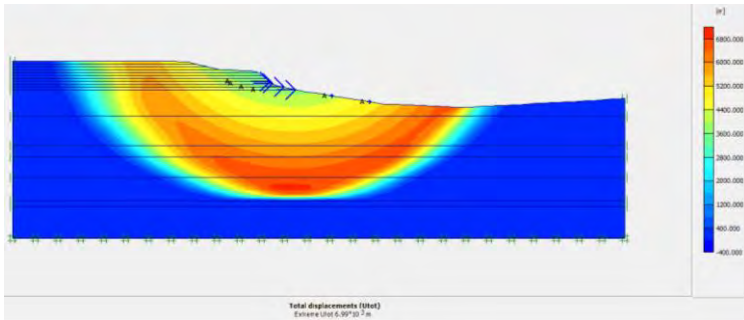
Tabel 4.36 Nilai tegangan geser kritis kondisi 8 ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	10	12.973
	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

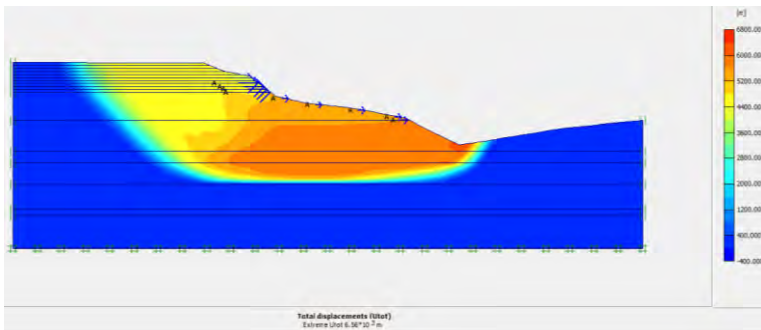
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari data dan pengkondisian 8 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 8 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.35 dan gambar 4.36 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 8. Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0545$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0308$ pada ruas B2.



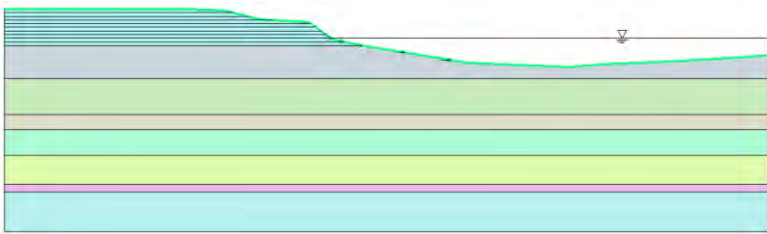
Gambar 4.35 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 8 pada ruas B1 (SF= 1.0545)



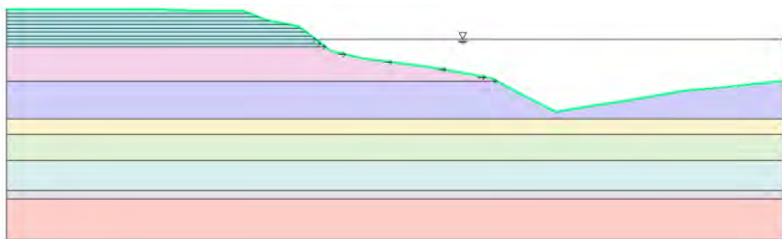
Gambar 4.36 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 8 pada ruas B2 (SF= 1.0308)

4.4.9 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis konfigurasi 9

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 9, muka air berada pada kedalaman 4 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.37 dan gambar 4.38.



Gambar 4.37 Kondisi 9 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 4 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.38 Kondisi 9 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 9.5 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.37 Nilai tegangan geser kritis kondisi 9 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	4	12.296
	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

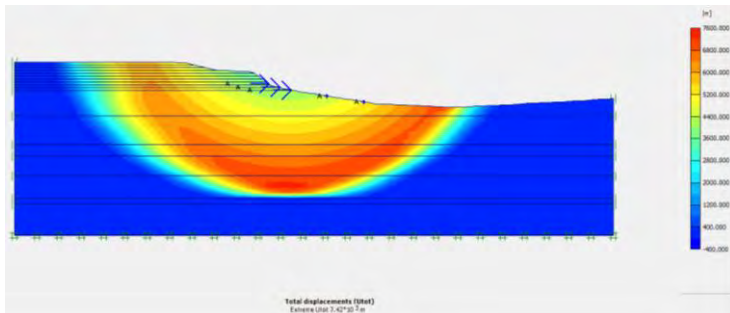
Tabel 4.38 Nilai tegangan geser kritis kondisi 9 ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	9.5	12.973
	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

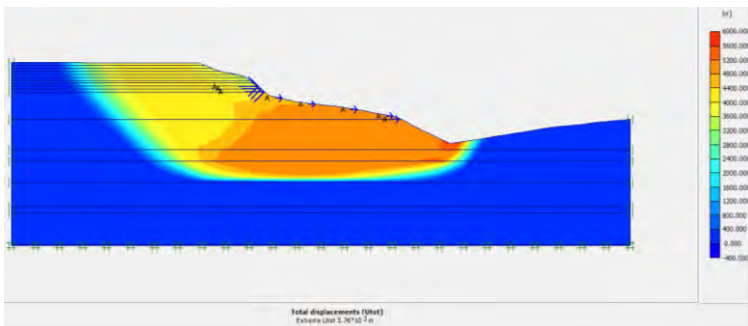
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari data dan pengkondisian 9 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 9 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.39 dan gambar 4.40 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 9. Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.058$ pada ruas B1 dan $SF = 1.034$ pada ruas B2.



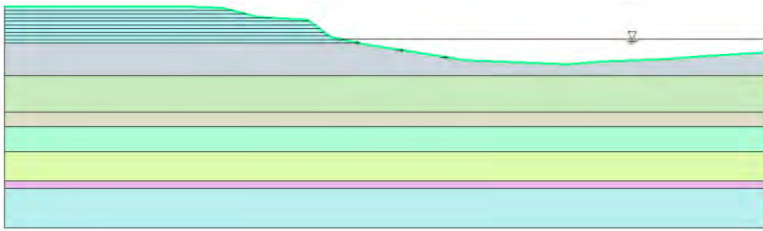
Gambar 4.39 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 9 pada ruas B1 (SF= 1.058)



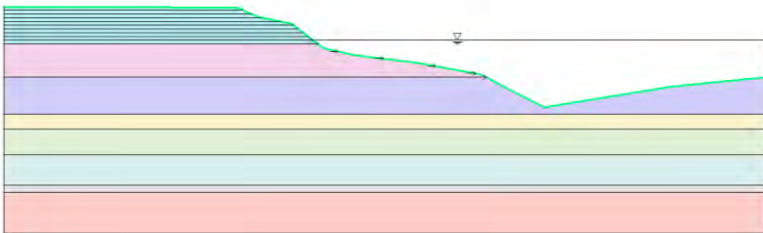
Gambar 4.40 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 9 pada ruas B2 (SF= 1.034)

4.4.10 Analisis angka keamanan tegangan geser kritis konfigurasi 10

Perhitungan angka keamanan tegangan geser kritis kondisi 10, muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.41 dan gambar 4.42.



Gambar 4.41 Kondisi 10 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 3.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.42 Kondisi 10 analisis tegangan geser kritis dengan muka air 9 m dari dasar sungai ruas B2

Tabel 4.39 Nilai tegangan geser kritis kondisi 10 ruas B1

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B1	3.5	12.296
	3	12.296
	2	2.444
	1	2.444

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

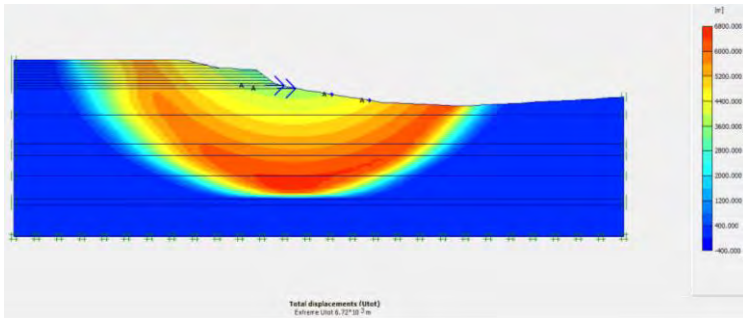
Tabel 4.40 Nilai tegangan geser kritis kondisi 10 ruas B2

Lokasi	Elevasi Muka Air dari dasar sungai (m)	Besar Tegangan Kritis (kN/m)
B2	9	12.973
	8.5	12.973
	7.5	4.278
	6.5	4.278
	5.5	4.278
	4.5	4.278
	4	4.278

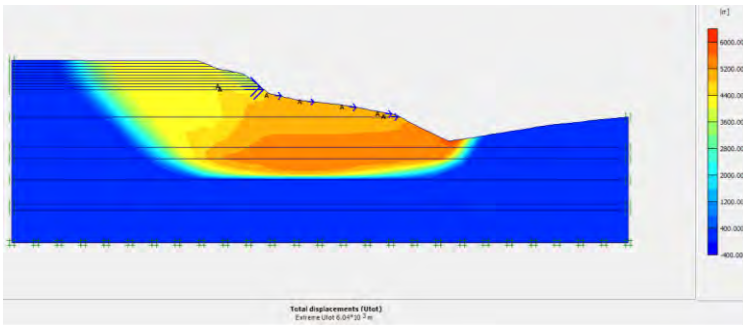
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari data dan pengkondisian 10 didapatkan parameter tanah tiap lapisan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 10 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis*.

Gambar 4.43 dan gambar 4.44 merupakan bidang longsor pada tanggul hasil *trial* dan *error* tegangan geser kritis pada kondisi 10. Dari hasil analisis *plaxis* diperoleh $SF = 1.0618$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0374$ pada ruas B2.



Gambar 4.43 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 10 pada ruas B1 (SF= 1.0618)



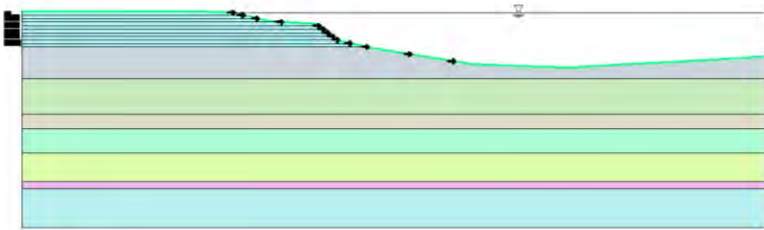
Gambar 4.44 Bidang kelongsoran hasil Plaxis kondisi trial dan error tegangan geser kritis kondisi 10 pada ruas B2 (SF= 1.0374)

4.5 Perhitungan Stabilitas Tanggul Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural

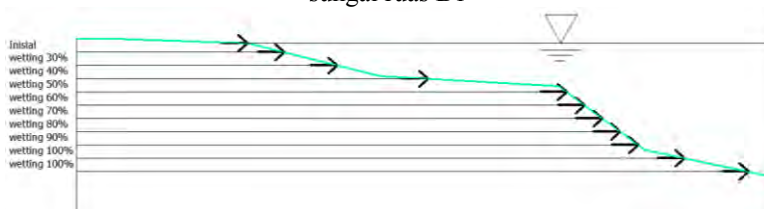
Perhitungan stabilitas tanggul akibat pembasahan dan pengeringan tanah natural dimodelkan ke dalam 10 kondisi untuk tanah permukaan (- 5 m dari permukaan tanah), sedangkan untuk tanah kedalaman > 5 m, tidak dimodelkan mengalami pengeringan dan pembasahan sehingga data yang dipakai pada setiap kondisi sama sesuai dengan data pada subbab 4.2.

4.5.1 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 1

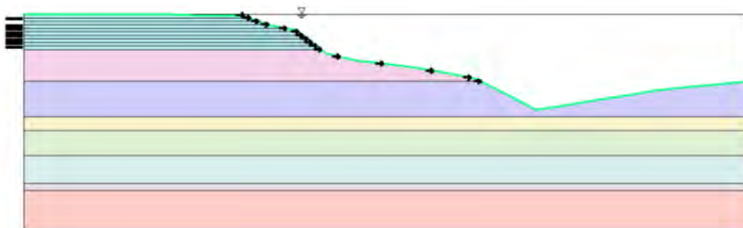
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 1, muka air berada pada kedalaman 8 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.45 sampai dengan gambar 4.48



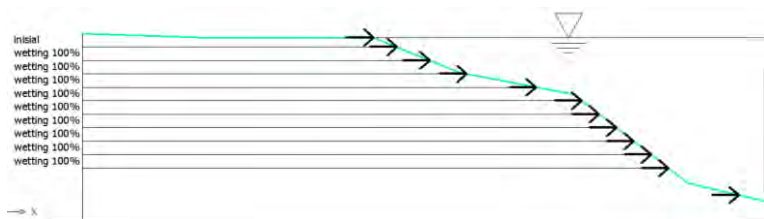
Gambar 4.45 Kondisi 1 Tanah Natural dengan muka air 8 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.46 Detail *drying-wetting* kondisi 1 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.47 Kondisi 1 Tanah Natural dengan muka air 13.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.48 Detail *drying-wetting* kondisi 1 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.41 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 1 ruas B1

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	Inisial	0.5	15.261	13.053	18.283
2	wetting 30%	1	15.302	12.870	18.178
3	wetting 40%	1.5	15.672	12.804	18.141
4	wetting 50%	2	16.026	12.730	18.100
5	wetting 60%	2.5	16.379	12.659	18.065
6	wetting 70%	3	16.736	12.595	18.030
7	wetting 80%	3.5	17.058	12.509	17.981
8	wetting 90%	4	17.413	12.450	17.949
9	wetting 100%	4.5	17.771	12.396	17.919
10	wetting 100%	5	17.771	12.396	17.919

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.42 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 1 ruas B1

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	Inisial	0.5	61.478	4.420	7859	0.207
2	wetting 30%	1	58.975	0.000	5865	0.204
3	wetting 40%	1.5	56.477	0.000	5865	0.204
4	wetting 50%	2	54.832	0.000	5865	0.202
5	wetting 60%	2.5	46.711	0.000	5865	0.202
6	wetting 70%	3	30.214	0.000	5865	0.201
7	wetting 80%	3.5	27.215	0.000	5843	0.200
8	wetting 90%	4	13.711	0.000	5804	0.199
9	wetting 100%	4.5	11.087	0.000	5767	0.198
10	wetting 100%	5	11.087	0.000	5767	0.198

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.43 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 1 ruas B2

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	Inisial	0.5	17.530	12.480	17.723
2	wetting 100%	1	17.363	12.070	17.502
3	wetting 100%	1.5	17.363	12.070	17.502
4	wetting 100%	2	17.363	12.070	17.502
5	wetting 100%	2.5	17.363	12.070	17.502
6	wetting 100%	3	17.363	12.070	17.502
7	wetting 100%	3.5	17.363	12.070	17.502
8	wetting 100%	4	17.363	12.070	17.502
9	wetting 100%	4.5	17.363	12.070	17.502
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

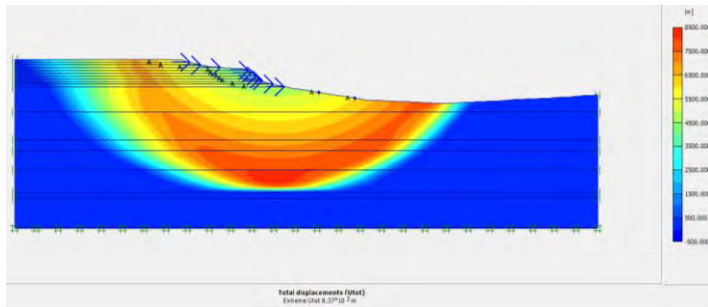
Tabel 4.44 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 1 ruas B2

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	Inisial	0.5	37.067	4.300	3811	0.193
2	wetting 100%	1	19.444	0.000	5263	0.188
3	wetting 100%	1.5	19.444	0.000	5263	0.188
4	wetting 100%	2	19.444	0.000	5263	0.188
5	wetting 100%	2.5	19.444	0.000	5263	0.188
6	wetting 100%	3	19.444	0.000	5263	0.188
7	wetting 100%	3.5	19.444	0.000	5263	0.188
8	wetting 100%	4	19.444	0.000	5263	0.188
9	wetting 100%	4.5	19.444	0.000	5263	0.188
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263	0.188

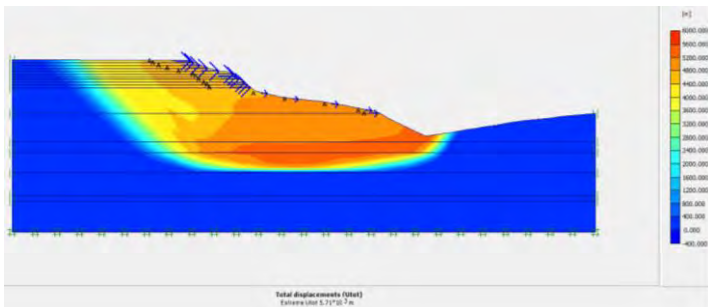
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 1 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 1 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.49 dan gambar 4.50 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 1. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 0.9703$ pada ruas B1 dan $SF = 0.9617$ pada ruas B2.

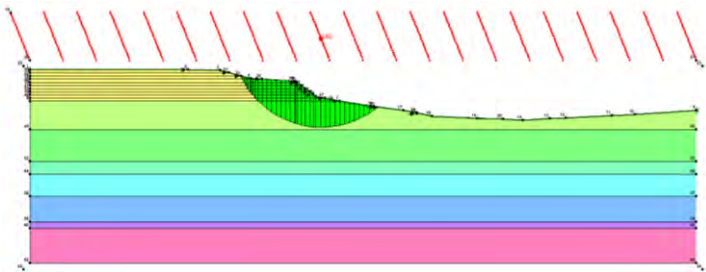


Gambar 4.49 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 1 pada ruas B1 (SF=0.9703)

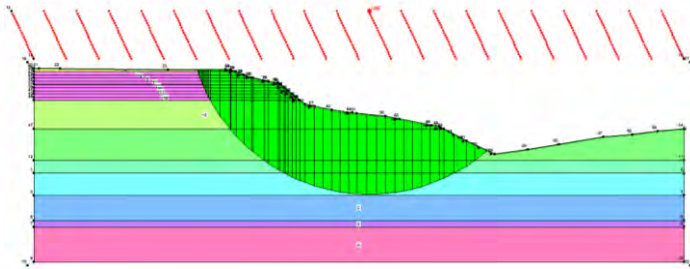


Gambar 4.50 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 1 pada ruas B2 (SF=0.9617)

Gambar 4.51 dan gambar 4.52 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 1. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.201 pada ruas B1 dan SF = 1.052 pada ruas B2.



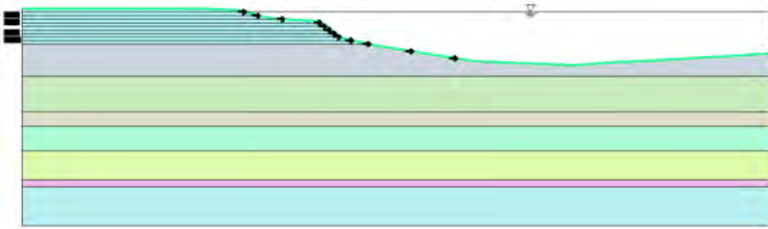
Gambar 4.51 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 1 pada ruas B1 (SF= 1.201)



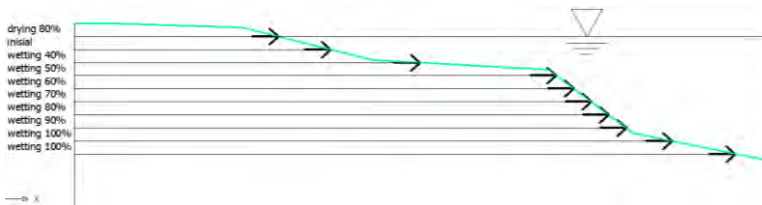
Gambar 4.52 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 1 pada ruas B2 (SF= 1.052)

4.5.2 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 2

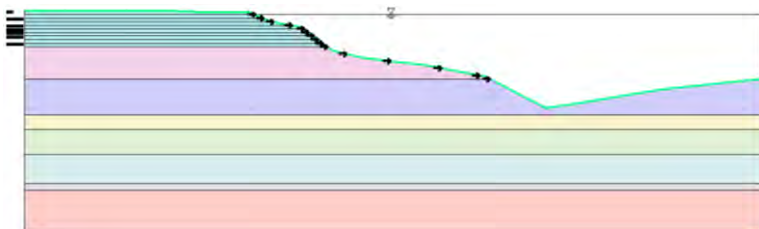
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 2, muka air berada pada kedalaman 7.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.53 sampai dengan gambar 4.56



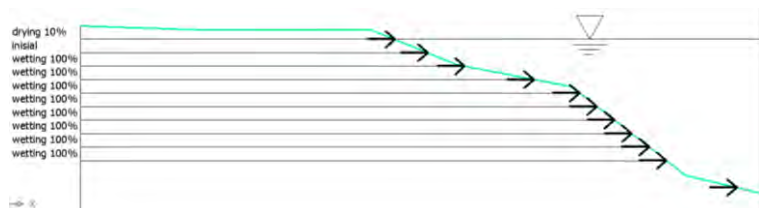
Gambar 4.53 Kondisi 2 Tanah Natural dengan muka air 7.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.54 Detail *drying-wetting* kondisi 2 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.55 Kondisi 2 Tanah Natural dengan muka air 13 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.56 Detail *drying-wetting* kondisi 2 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.45 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 2 ruas B1

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 80%	0.5	15.094	13.079	18.296
2	Inisial	1	15.261	13.053	18.283
3	wetting 30%	1.5	15.302	12.870	18.178
4	wetting 40%	2	15.672	12.804	18.141
5	wetting 50%	2.5	16.026	12.730	18.100
6	wetting 60%	3	16.379	12.659	18.065
7	wetting 70%	3.5	16.736	12.595	18.030
8	wetting 80%	4	17.058	12.509	17.981
9	wetting 90%	4.5	17.413	12.450	17.949
10	wetting 100%	5	17.771	12.396	17.919

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.46 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 2 ruas B1

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 80%	0.5	88.727	0.000	5865.000	0.207
2	Inisial	1	61.478	4.420	7859.326	0.207
3	wetting 30%	1.5	58.975	0.000	5865.000	0.204
4	wetting 40%	2	56.477	0.000	5865.000	0.204
5	wetting 50%	2.5	54.832	0.000	5865.000	0.202
6	wetting 60%	3	46.711	0.000	5865.000	0.202
7	wetting 70%	3.5	30.214	0.000	5865.000	0.201
8	wetting 80%	4	27.215	0.000	5842.562	0.200
9	wetting 90%	4.5	13.711	0.000	5803.575	0.199
10	wetting 100%	5	11.087	0.000	5766.618	0.198

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.47 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 2 ruas B2

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 10%	0.5	17.552	12.565	17.802
2	Inisial	1	17.530	12.480	17.723
3	wetting 100%	1.5	17.363	12.070	17.502
4	wetting 100%	2	17.363	12.070	17.502
5	wetting 100%	2.5	17.363	12.070	17.502
6	wetting 100%	3	17.363	12.070	17.502
7	wetting 100%	3.5	17.363	12.070	17.502
8	wetting 100%	4	17.363	12.070	17.502
9	wetting 100%	4.5	17.363	12.070	17.502
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

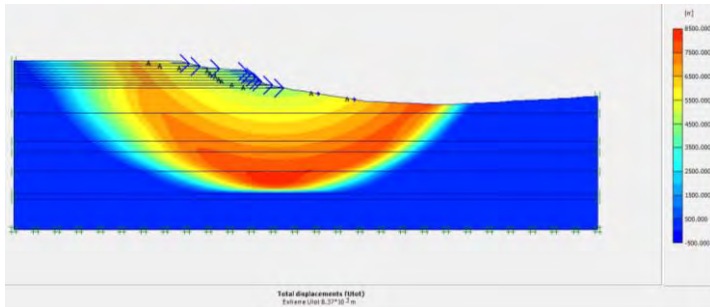
Tabel 4.48 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 2 ruas B2

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 10%	0.5	38.723	0.000	4953.579	0.195
2	Inisial	1	37.067	4.300	3810.861	0.193
3	wetting 100%	1.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
4	wetting 100%	2	19.444	0.000	5263.472	0.188
5	wetting 100%	2.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
6	wetting 100%	3	19.444	0.000	5263.472	0.188
7	wetting 100%	3.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
8	wetting 100%	4	19.444	0.000	5263.472	0.188
9	wetting 100%	4.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263.472	0.188

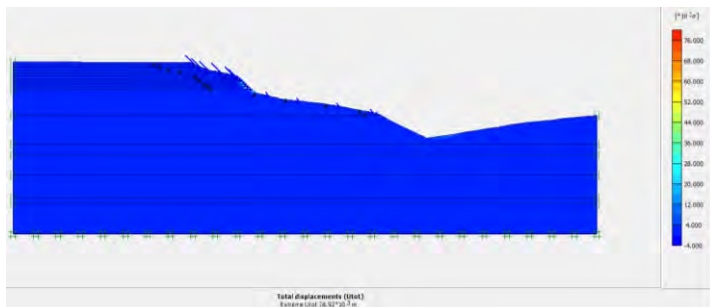
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 2 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 2 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.57 dan gambar 4.58 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 2. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.0087$ pada ruas B1 dan $SF = 0.8764$ pada ruas B2.

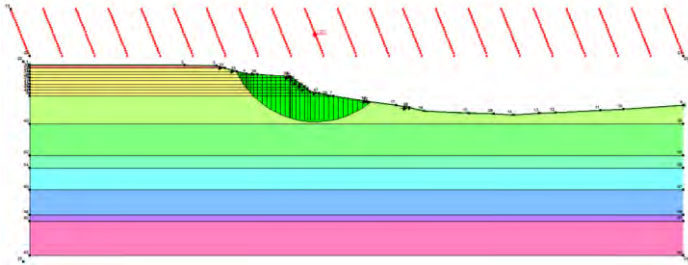


Gambar 4.57 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 2 pada ruas B1 ($SF=1.0087$)

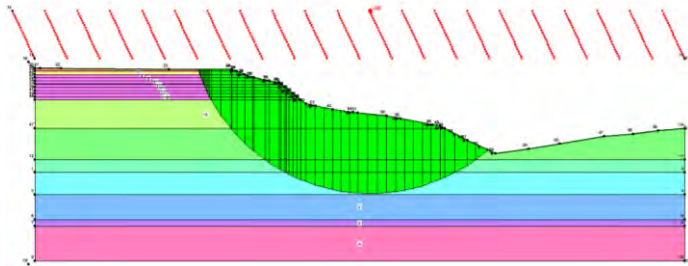


Gambar 4.58 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 2 pada ruas B2 ($SF=0.8764$)

Gambar 4.59 dan gambar 4.60 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 2. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 1.271$ pada ruas B1 dan $SF = 1.062$ pada ruas B2.



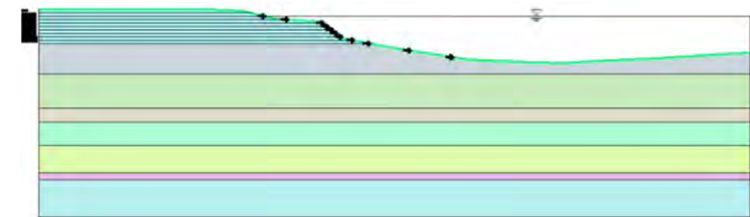
Gambar 4.59 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 2 pada ruas B1 (SF= 1.271)



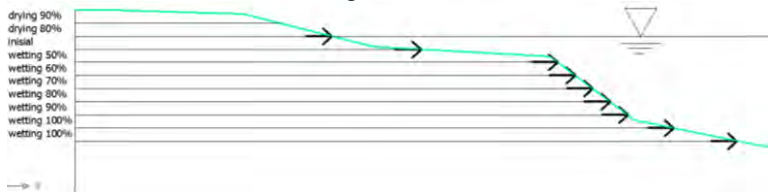
Gambar 4.60 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 2 pada ruas B2 (SF= 1.062)

4.5.3 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 3

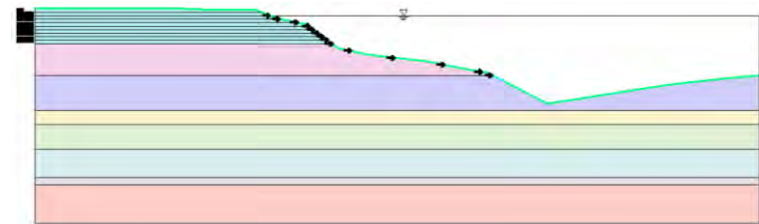
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 3, muka air berada pada kedalaman 7 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 12.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.61 sampai dengan gambar 4.64



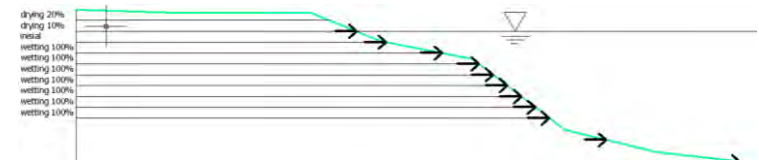
Gambar 4.61 Kondisi 3 Tanah Natural dengan muka air 7 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.62 Detail *drying-wetting* kondisi 3 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.63 Kondisi 3 Tanah Natural dengan muka air 12.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.64 Detail *drying-wetting* kondisi 3 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.49 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 3 ruas B1

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 90%	0.5	14.671	13.109	18.313
2	drying 80%	1	15.094	13.079	18.296
3	Inisial	1.5	15.261	13.053	18.283
4	wetting 30%	2	15.302	12.870	18.178
5	wetting 40%	2.5	15.672	12.804	18.141
6	wetting 50%	3	16.026	12.730	18.100
7	wetting 60%	3.5	16.379	12.659	18.065
8	wetting 70%	4	16.736	12.595	18.030
9	wetting 80%	4.5	17.058	12.509	17.981
10	wetting 90%	5	17.413	12.450	17.949

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.50 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 3 ruas B1

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 90%	0.5	98.494	0.000	5865.000	0.208
2	drying 80%	1	88.727	0.000	5865.000	0.207
3	Inisial	1.5	61.478	4.420	7859.326	0.207
4	wetting 30%	2	58.975	0.000	5865.000	0.204
5	wetting 40%	2.5	56.477	0.000	5865.000	0.204
6	wetting 50%	3	54.832	0.000	5865.000	0.202
7	wetting 60%	3.5	46.711	0.000	5865.000	0.202
8	wetting 70%	4	30.214	0.000	5865.000	0.201
9	wetting 80%	4.5	27.215	0.000	5842.562	0.200
10	wetting 90%	5	13.711	0.000	5803.575	0.199

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.51 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 3 ruas B2

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 20%	0.5	17.395	12.589	17.805
2	drying 10%	1	17.552	12.565	17.802
3	Inisial	1.5	17.530	12.480	17.723
4	wetting 100%	2	17.363	12.070	17.502
5	wetting 100%	2.5	17.363	12.070	17.502
6	wetting 100%	3	17.363	12.070	17.502
7	wetting 100%	3.5	17.363	12.070	17.502
8	wetting 100%	4	17.363	12.070	17.502
9	wetting 100%	4.5	17.363	12.070	17.502
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

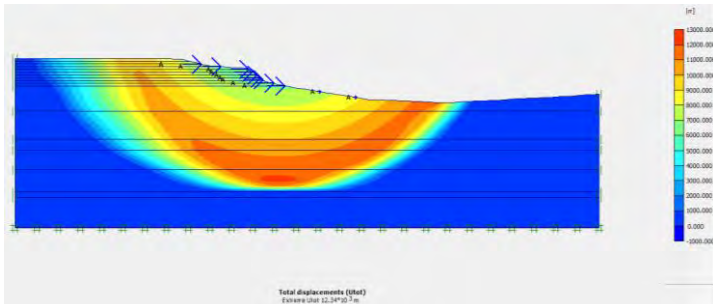
Tabel 4.52 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 3 ruas B2

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 20%	0.5	44.473	0.000	5107.830	0.195
2	drying 10%	1	38.723	0.000	4953.579	0.195
3	Inisial	1.5	37.067	4.300	3810.861	0.193
4	wetting 100%	2	19.444	0.000	5263.472	0.188
5	wetting 100%	2.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
6	wetting 100%	3	19.444	0.000	5263.472	0.188
7	wetting 100%	3.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
8	wetting 100%	4	19.444	0.000	5263.472	0.188
9	wetting 100%	4.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263.472	0.188

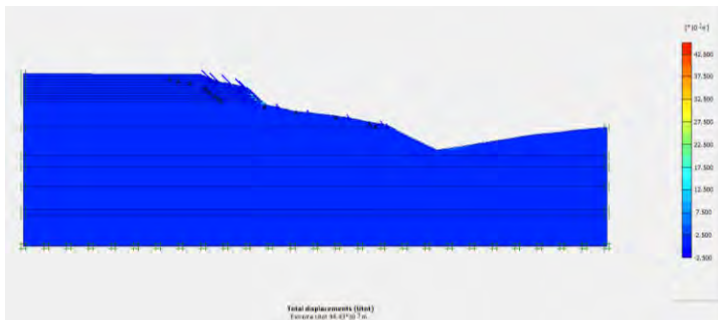
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 3 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 3 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.65 dan gambar 4.66 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 3. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.0148$ pada ruas B1 dan $SF = 0.8942$ pada ruas B2.

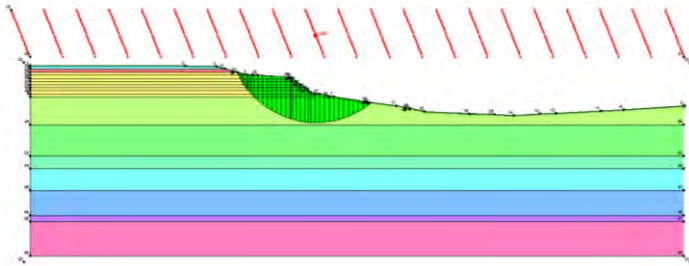


Gambar 4.65 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 3 pada ruas B1 ($SF = 1.0148$)

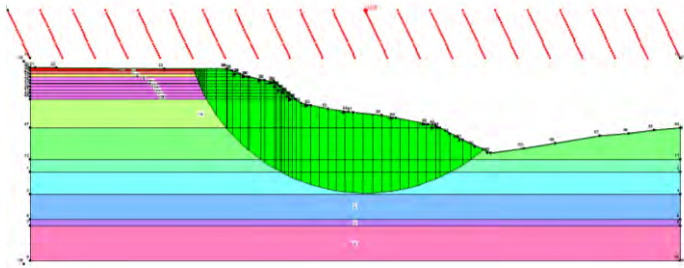


Gambar 4.66 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 3 pada ruas B2 ($SF = 0.8942$)

Gambar 4.67 Dan gambar 4.68 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 3. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 1.335$ pada ruas B1 dan $SF = 1.075$ pada ruas B2.



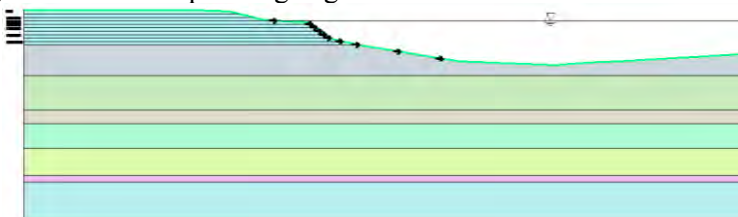
Gambar 4.67 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 3 pada ruas B1 (SF= 1.335)



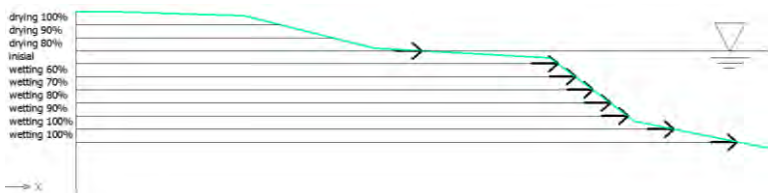
Gambar 4.68 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 3 pada ruas B2 (SF= 1.075)

4.5.4 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 4

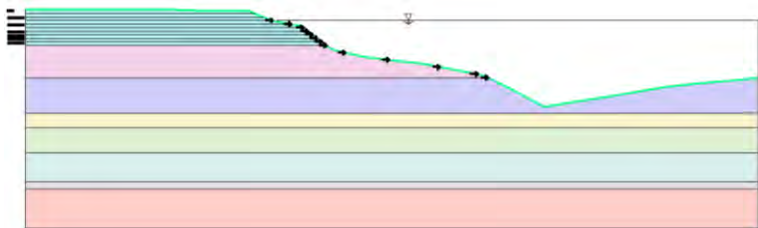
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 4, muka air berada pada kedalaman 6.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 12 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.69 sampai dengan gambar 4.72



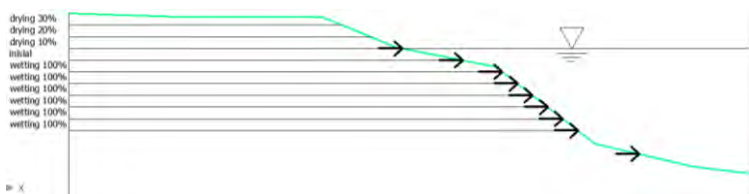
Gambar 4.69 Kondisi 4 Tanah Natural dengan muka air 6.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.70 Detail *drying-wetting* kondisi 4 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.71 Kondisi 4 Tanah Natural dengan muka air 12 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.72 Detail *drying-wetting* kondisi 4 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.53 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 4 ruas B1

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	14.249	13.142	18.322
2	drying 90%	1	14.671	13.109	18.313
3	drying 80%	1.5	15.094	13.079	18.296
4	Inisial	2	15.261	13.053	18.283
5	wetting 30%	2.5	15.302	12.870	18.178
6	wetting 40%	3	15.672	12.804	18.141
7	wetting 50%	3.5	16.026	12.730	18.100
8	wetting 60%	4	16.379	12.659	18.065
9	wetting 70%	4.5	16.736	12.595	18.030
10	wetting 80%	5	17.058	12.509	17.981

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.54 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 4 ruas B1

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
2	drying 90%	1	98.494	0.000	5865.000	0.208
3	drying 80%	1.5	88.727	0.000	5865.000	0.207
4	Inisial	2	61.478	4.420	7859.326	0.207
5	wetting 30%	2.5	58.975	0.000	5865.000	0.204
6	wetting 40%	3	56.477	0.000	5865.000	0.204
7	wetting 50%	3.5	54.832	0.000	5865.000	0.202
8	wetting 60%	4	46.711	0.000	5865.000	0.202
9	wetting 70%	4.5	30.214	0.000	5865.000	0.201
10	wetting 80%	5	27.215	0.000	5842.562	0.200

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.55 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 4 ruas B2

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 30%	0.5	17.481	12.675	17.863
2	drying 20%	1	17.395	12.589	17.805
3	drying 10%	1.5	17.552	12.565	17.802
4	Inisial	2	17.530	12.480	17.723
5	wetting 100%	2.5	17.363	12.070	17.502
6	wetting 100%	3	17.363	12.070	17.502
7	wetting 100%	3.5	17.363	12.070	17.502
8	wetting 100%	4	17.363	12.070	17.502
9	wetting 100%	4.5	17.363	12.070	17.502
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.56 Data parameter mekanis untuk kondisi 4 ruas B2

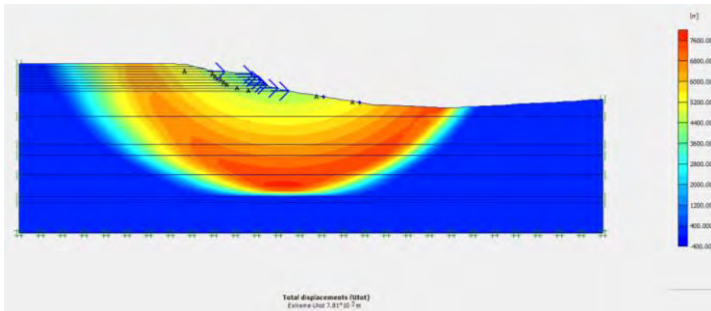
Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 30%	0.5	59.228	0.000	5126.160	0.197
2	drying 20%	1	44.473	0.000	5107.830	0.195
3	drying 10%	1.5	38.723	0.000	4953.579	0.195
4	Inisial	2	37.067	4.300	3810.861	0.193
5	wetting 100%	2.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
6	wetting 100%	3	19.444	0.000	5263.472	0.188
7	wetting 100%	3.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
8	wetting 100%	4	19.444	0.000	5263.472	0.188
9	wetting 100%	4.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263.472	0.188

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

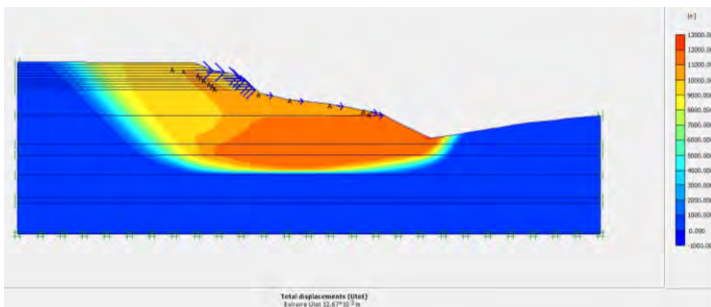
Dari data dan pengkondisian 4 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 4 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.73 dan gambar 4.74 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 4. Dari hasil analisis dengan

plaxis diperoleh $SF = 1.0248$ pada ruas B1 dan $SF = 0.9984$ pada ruas B2.

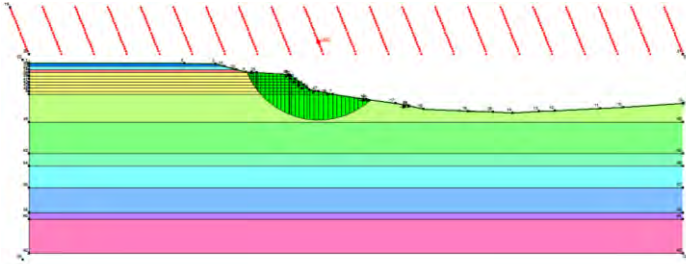


Gambar 4.73 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 4 pada ruas B1 ($SF = 1.0248$)

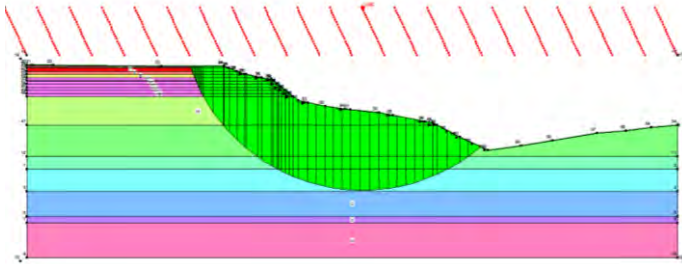


Gambar 4.74 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 4 pada ruas B2 ($SF=0.9984$)

Gambar 4.75 dan gambar 4.76 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 4. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 1.423$ pada ruas B1 dan $SF = 1.092$ pada ruas B2.



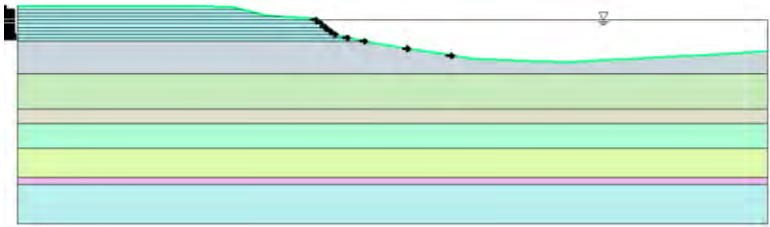
Gambar 4.75 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 4 pada ruas B1 (SF= 1.423)



Gambar 4.76 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 4 pada ruas B2 (SF= 1.092)

4.5.5 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 5

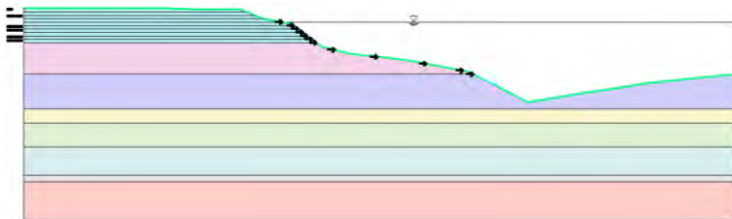
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 5, muka air berada pada kedalaman 6 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.77 sampai dengan gambar 4.80



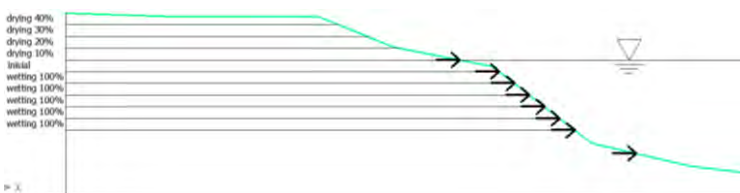
Gambar 4.77 Kondisi 5 Tanah Natural dengan muka air 6 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.78 Detail *drying-wetting* kondisi 5 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.79 Kondisi 5 Tanah Natural dengan muka air 11.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.80 Detail *drying-wetting* kondisi 5 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.57 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 5 ruas B1

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	14.249	13.142	18.322
2	drying 100%	1	14.249	13.142	18.322
3	drying 90%	1.5	14.671	13.109	18.313
4	drying 80%	2	15.094	13.079	18.296
5	Inisial	2.5	15.261	13.053	18.283
6	wetting 30%	3	15.302	12.870	18.178
7	wetting 40%	3.5	15.672	12.804	18.141
8	wetting 50%	4	16.026	12.730	18.100
9	wetting 60%	4.5	16.379	12.659	18.065
10	wetting 70%	5	16.736	12.595	18.030

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.58 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 5 ruas B1

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
2	drying 100%	1	110.256	0.000	5865.000	0.208
3	drying 90%	1.5	98.494	0.000	5865.000	0.208
4	drying 80%	2	88.727	0.000	5865.000	0.207
5	Inisial	2.5	61.478	4.420	7859.326	0.207
6	wetting 30%	3	58.975	0.000	5865.000	0.204
7	wetting 40%	3.5	56.477	0.000	5865.000	0.204
8	wetting 50%	4	54.832	0.000	5865.000	0.202
9	wetting 60%	4.5	46.711	0.000	5865.000	0.202
10	wetting 70%	5	30.214	0.000	5865.000	0.201

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.59 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 5 ruas B2

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 40%	0.5	17.386	12.877	17.983
2	drying 30%	1	17.481	12.675	17.863
3	drying 20%	1.5	17.395	12.589	17.805
4	drying 10%	2	17.552	12.565	17.802
5	Inisial	2.5	17.530	12.480	17.723
6	wetting 100%	3	17.363	12.070	17.502
7	wetting 100%	3.5	17.363	12.070	17.502
8	wetting 100%	4	17.363	12.070	17.502
9	wetting 100%	4.5	17.363	12.070	17.502
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

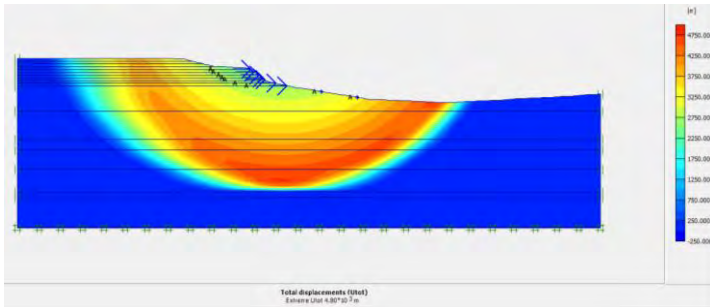
Tabel 4.60 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 5 ruas B2

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 40%	0.5	61.698	0.000	5209.343	0.200
2	drying 30%	1	59.228	0.000	5126.160	0.197
3	drying 20%	1.5	44.473	0.000	5107.830	0.195
4	drying 10%	2	38.723	0.000	4953.579	0.195
5	Inisial	2.5	37.067	4.300	3810.861	0.193
6	wetting 100%	3	19.444	0.000	5263.472	0.188
7	wetting 100%	3.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
8	wetting 100%	4	19.444	0.000	5263.472	0.188
9	wetting 100%	4.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263.472	0.188

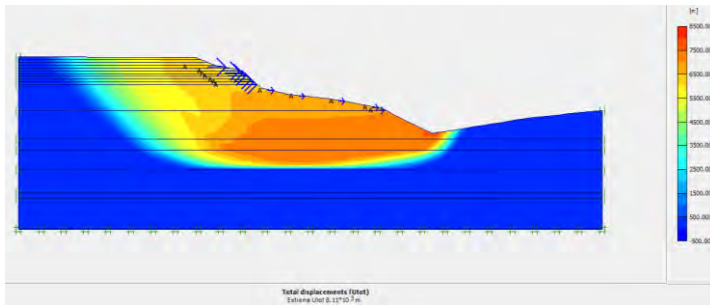
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 5 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 5 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.81 dan gambar 4.82 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 5. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.0308$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0042$ pada ruas B2.

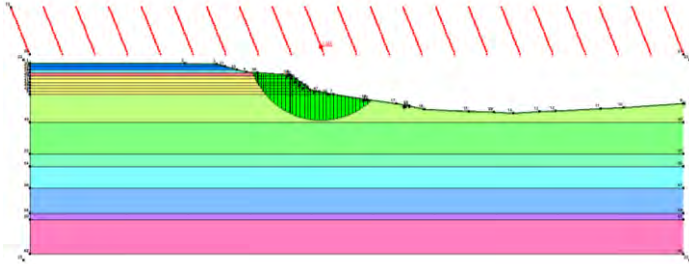


Gambar 4.81 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 5 pada ruas B1 ($SF= 1.0308$)

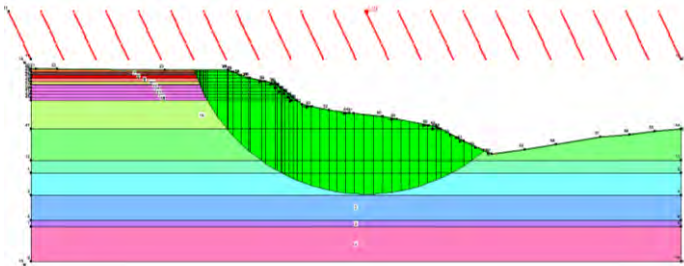


Gambar 4.82 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 5 pada ruas B2 ($SF=1.0042$)

Gambar 4.83 dan gambar 4.84 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 5. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 1.585$ pada ruas B1 dan $SF = 1.112$ pada ruas B2.



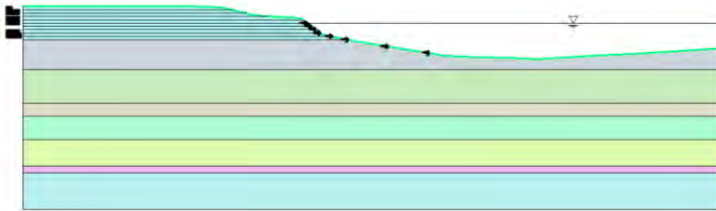
Gambar 4.83 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 5 pada ruas B1 (SF= 1.585)



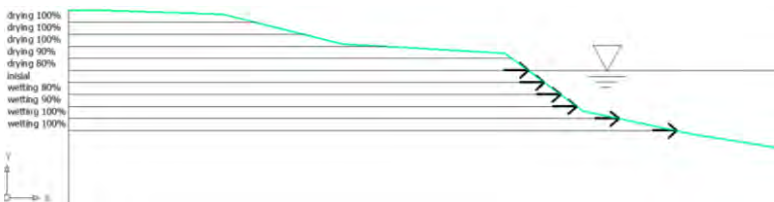
Gambar 4.84 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 5 pada ruas B2 (SF= 1.112)

4.5.6 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 6

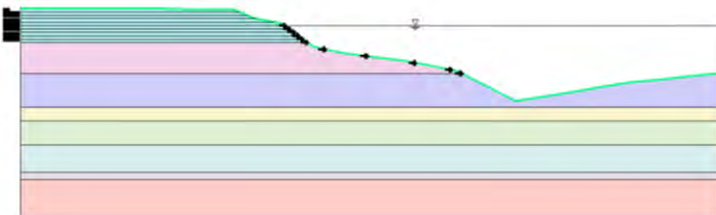
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 6, muka air berada pada kedalaman 5.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.85 sampai dengan gambar 4.88



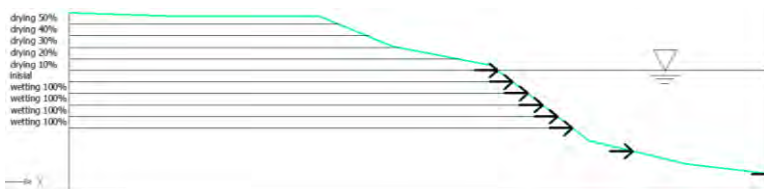
Gambar 4.85 Kondisi 6 Tanah Natural dengan muka air 5.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.86 Detail *drying-wetting* kondisi 6 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.87 Kondisi 6 Tanah Natural dengan muka air 11 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.88 Detail *drying-wetting* kondisi 6 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.61 Data parameter fisis untuk tanah natural kondisi 6 ruas B1

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	14.249	13.142	18.322
2	drying 100%	1	14.249	13.142	18.322
3	drying 100%	1.5	14.249	13.142	18.322
4	drying 90%	2	14.671	13.109	18.313
5	drying 80%	2.5	15.094	13.079	18.296
6	Inisial	3	15.261	13.053	18.283
7	wetting 30%	3.5	15.302	12.870	18.178
8	wetting 40%	4	15.672	12.804	18.141
9	wetting 50%	4.5	16.026	12.730	18.100
10	wetting 60%	5	16.379	12.659	18.065

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.62 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 6 ruas B1

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
2	drying 100%	1	110.256	0.000	5865.000	0.208
3	drying 100%	1.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
4	drying 90%	2	98.494	0.000	5865.000	0.208
5	drying 80%	2.5	88.727	0.000	5865.000	0.207
6	Inisial	3	61.478	4.420	7859.326	0.207
7	wetting 30%	3.5	58.975	0.000	5865.000	0.204
8	wetting 40%	4	56.477	0.000	5865.000	0.204
9	wetting 50%	4.5	54.832	0.000	5865.000	0.202
10	wetting 60%	5	46.711	0.000	5865.000	0.202

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.63 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 6 ruas B2

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 50%	0.5	17.412	13.004	18.057
2	drying 40%	1	17.386	12.877	17.983
3	drying 30%	1.5	17.481	12.675	17.863
4	drying 20%	2	17.395	12.589	17.805
5	drying 10%	2.5	17.552	12.565	17.802
6	Inisial	3	17.530	12.480	17.723
7	wetting 100%	3.5	17.363	12.070	17.502
8	wetting 100%	4	17.363	12.070	17.502
9	wetting 100%	4.5	17.363	12.070	17.502
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.64 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 6 ruas B2

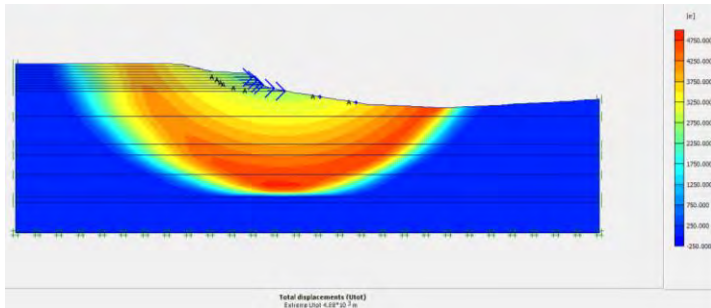
Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 50%	0.5	87.211	0.000	5350.078	0.201
2	drying 40%	1	61.698	0.000	5209.343	0.200
3	drying 30%	1.5	59.228	0.000	5126.160	0.197
4	drying 20%	2	44.473	0.000	5107.830	0.195
5	drying 10%	2.5	38.723	0.000	4953.579	0.195
6	Inisial	3	37.067	4.300	3810.861	0.193
7	wetting 100%	3.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
8	wetting 100%	4	19.444	0.000	5263.472	0.188
9	wetting 100%	4.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263.472	0.188

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

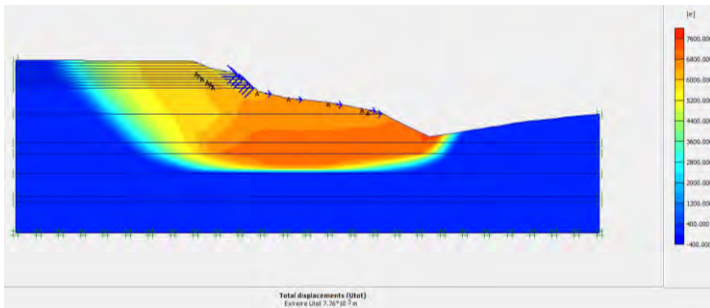
Dari data dan pengkondisian 6 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 6 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.89 dan gambar 4.90 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 6. Dari hasil analisis

dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.0428$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0077$ pada ruas B2.

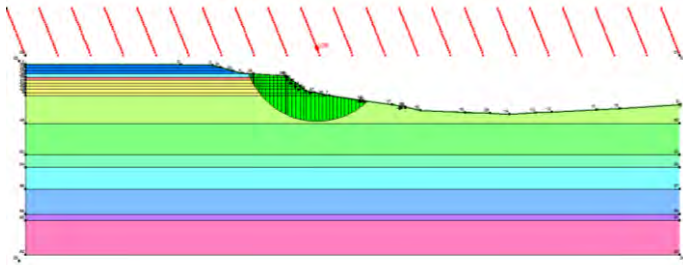


Gambar 4.89 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 6 pada ruas B1 ($SF=1.0428$)

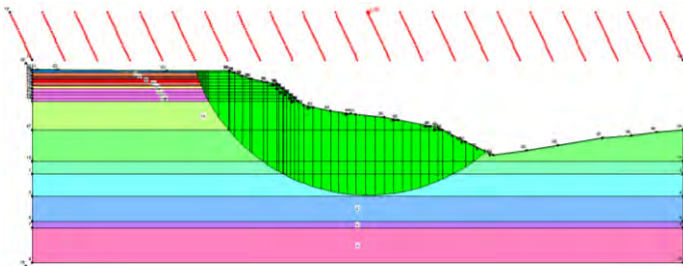


Gambar 4.90 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 6 pada ruas B2 ($SF=1.0077$)

Gambar 4.91 dan gambar 4.92 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 6. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 1.786$ pada ruas B1 dan $SF = 1.140$ pada ruas B2.



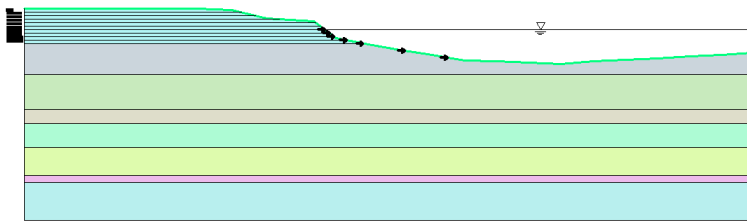
Gambar 4.91 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 6 pada ruas B1 (SF= 1.786)



Gambar 4.92 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 6 pada ruas B2 (SF= 1.140)

4.5.7 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 7

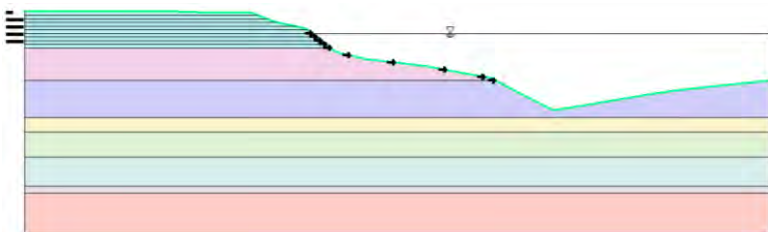
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 7, muka air berada pada kedalaman 5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.93 sampai dengan gambar 4.96



Gambar 4.93 Kondisi 7 Tanah Natural dengan muka air 5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.94 Detail *drying-wetting* kondisi 7 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.95 Kondisi 7 Tanah Natural dengan muka air 10.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.96 Detail *drying-wetting* kondisi 7 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.65 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 7 ruas B1

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	14.249	13.142	18.322
2	drying 100%	1	14.249	13.142	18.322
3	drying 100%	1.5	14.249	13.142	18.322
4	drying 100%	2	14.249	13.142	18.322
5	drying 90%	2.5	14.671	13.109	18.313
6	drying 80%	3	15.094	13.079	18.296
7	Inisial	3.5	15.261	13.053	18.283
8	wetting 30%	4	15.302	12.870	18.178
9	wetting 40%	4.5	15.672	12.804	18.141
10	wetting 50%	5	16.026	12.730	18.100

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.66 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 7 ruas B1

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
2	drying 100%	1	110.256	0.000	5865.000	0.208
3	drying 100%	1.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
4	drying 100%	2	110.256	0.000	5865.000	0.208
5	drying 90%	2.5	98.494	0.000	5865.000	0.208
6	drying 80%	3	88.727	0.000	5865.000	0.207
7	Inisial	3.5	61.478	4.420	7859.326	0.207
8	wetting 30%	4	58.975	0.000	5865.000	0.204
9	wetting 40%	4.5	56.477	0.000	5865.000	0.204
10	wetting 50%	5	54.832	0.000	5865.000	0.202

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.67 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 7 ruas B2

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 60%	0.5	17.524	13.272	18.220
2	drying 50%	1	17.412	13.004	18.057
3	drying 40%	1.5	17.386	12.877	17.983
4	drying 30%	2	17.481	12.675	17.863
5	drying 20%	2.5	17.395	12.589	17.805
6	drying 10%	3	17.552	12.565	17.802
7	Inisial	3.5	17.530	12.480	17.723
8	wetting 100%	4	17.363	12.070	17.502
9	wetting 100%	4.5	17.363	12.070	17.502
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

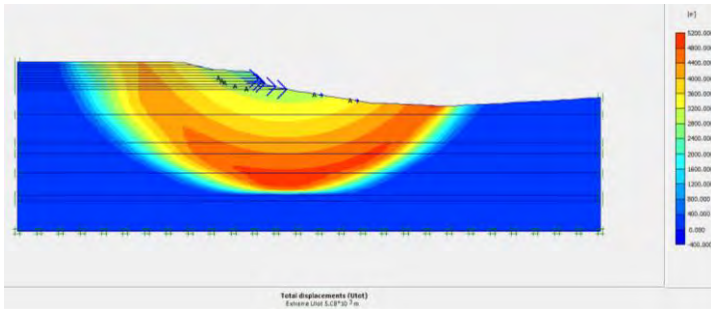
Tabel 4.68 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 7 ruas B2

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 60%	0.5	100.707	0.000	5560.055	0.206
2	drying 50%	1	87.211	0.000	5350.078	0.201
3	drying 40%	1.5	61.698	0.000	5209.343	0.200
4	drying 30%	2	59.228	0.000	5126.160	0.197
5	drying 20%	2.5	44.473	0.000	5107.830	0.195
6	drying 10%	3	38.723	0.000	4953.579	0.195
7	Inisial	3.5	37.067	4.300	3810.861	0.193
8	wetting 100%	4	19.444	0.000	5263.472	0.188
9	wetting 100%	4.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263.472	0.188

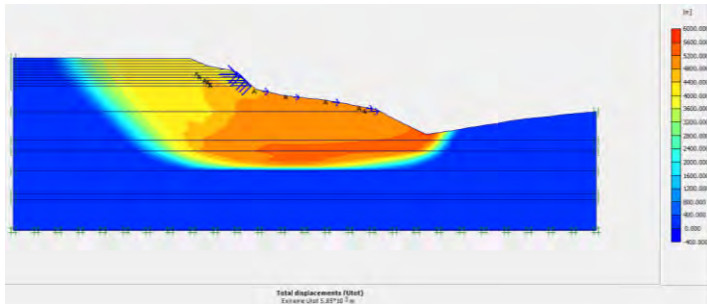
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 7 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 7 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.97 dan gambar 4.98 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 7. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.0585$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0145$ pada ruas B2.

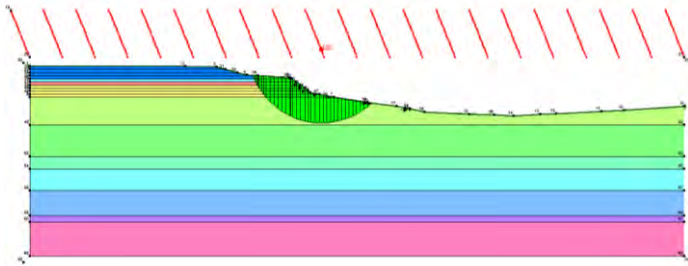


Gambar 4.97 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 7 pada ruas B1 ($SF=1.0585$)

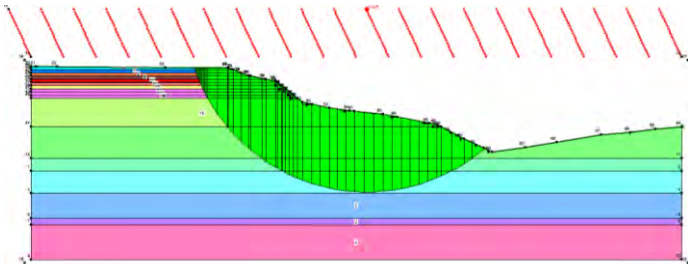


Gambar 4.98 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 7 pada ruas B2 ($SF=1.0145$)

Gambar 4.99 dan gambar 4.100 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 7. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 2.001$ pada ruas B1 dan $SF = 1.175$ pada ruas B2.



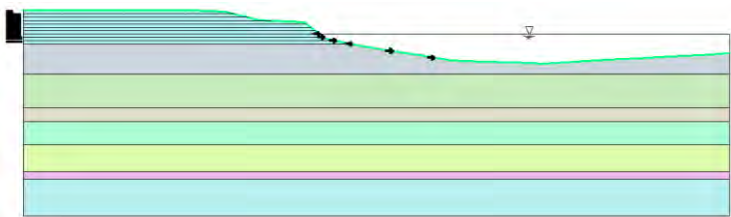
Gambar 4.99 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 7 pada ruas B1 (SF= 2.001)



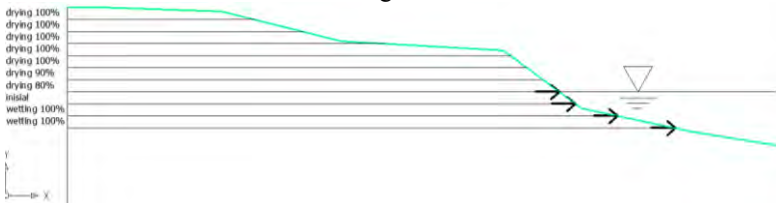
Gambar 4.100 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 7 pada ruas B2 (SF= 1.175)

4.5.8 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 8

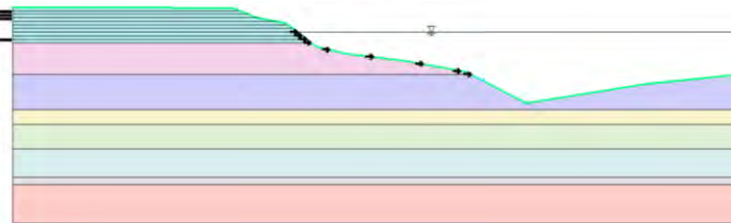
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 8, muka air berada pada kedalaman 4.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.101 sampai dengan gambar 4.104



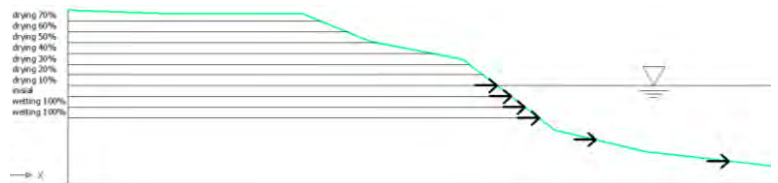
Gambar 4.101 Kondisi 8 Tanah Natural dengan muka air 4.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.102 Detail *drying-wetting* kondisi 8 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.103 Kondisi 8 Tanah Natural dengan muka air 10 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.104 Detail *drying-wetting* kondisi 8 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.69 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 8 ruas B1

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	14.249	13.142	18.322
2	drying 100%	1	14.249	13.142	18.322
3	drying 100%	1.5	14.249	13.142	18.322
4	drying 100%	2	14.249	13.142	18.322
5	drying 100%	2.5	14.249	13.142	18.322
6	drying 90%	3	14.671	13.109	18.313
7	drying 80%	3.5	15.094	13.079	18.296
8	Inisial	4	15.261	13.053	18.283
9	wetting 30%	4.5	15.302	12.870	18.178
10	wetting 40%	5	15.672	12.804	18.141

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.70 Data parameter mekanis untuk kondisi 8 ruas B1

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
2	drying 100%	1	110.256	0.000	5865.000	0.208
3	drying 100%	1.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
4	drying 100%	2	110.256	0.000	5865.000	0.208
5	drying 100%	2.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
6	drying 90%	3	98.494	0.000	5865.000	0.208
7	drying 80%	3.5	88.727	0.000	5865.000	0.207
8	Inisial	4	61.478	4.420	7859.326	0.207
9	wetting 30%	4.5	58.975	0.000	5865.000	0.204
10	wetting 40%	5	56.477	0.000	5865.000	0.204

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.71 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 8 ruas B2

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 70%	0.5	17.529	13.483	18.309
2	drying 60%	1	17.524	13.272	18.220
3	drying 50%	1.5	17.412	13.004	18.057
4	drying 40%	2	17.386	12.877	17.983
5	drying 30%	2.5	17.481	12.675	17.863
6	drying 20%	3	17.395	12.589	17.805
7	drying 10%	3.5	17.552	12.565	17.802
8	Inisial	4	17.530	12.480	17.723
9	wetting 100%	4.5	17.363	12.070	17.502
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

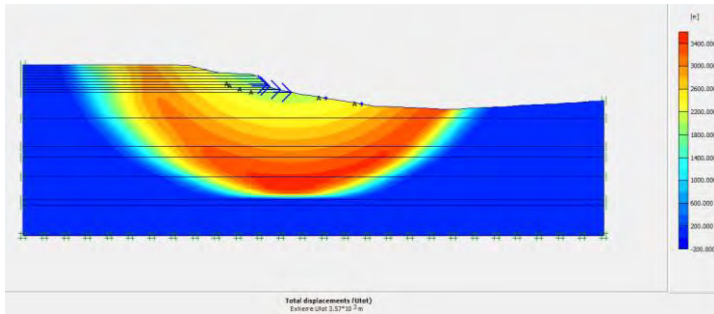
Tabel 4.72 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 8 ruas B2

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 70%	0.5	123.675	0.000	5712.034	0.208
2	drying 60%	1	100.707	0.000	5560.055	0.206
3	drying 50%	1.5	87.211	0.000	5350.078	0.201
4	drying 40%	2	61.698	0.000	5209.343	0.200
5	drying 30%	2.5	59.228	0.000	5126.160	0.197
6	drying 20%	3	44.473	0.000	5107.830	0.195
7	drying 10%	3.5	38.723	0.000	4953.579	0.195
8	Inisial	4	37.067	4.300	3810.861	0.193
9	wetting 100%	4.5	19.444	0.000	5263.472	0.188
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263.472	0.188

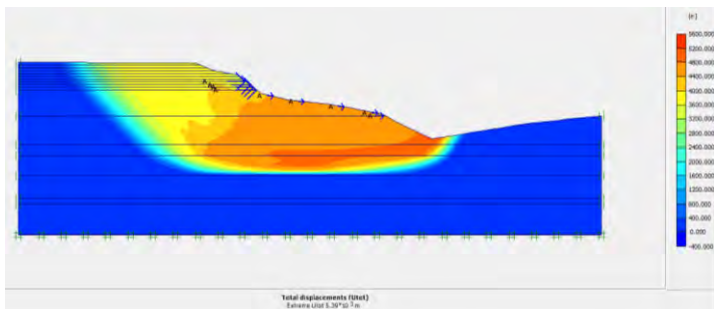
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 8 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 8 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.105 dan gambar 4.106 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 8. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.0693$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0225$ pada ruas B2.

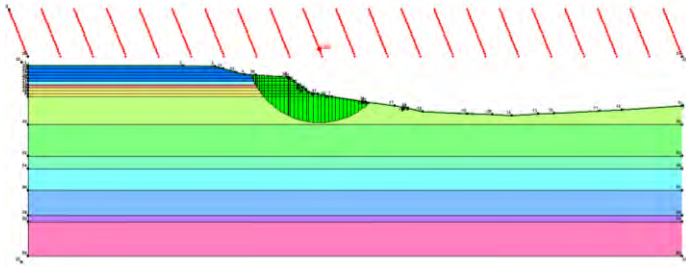


Gambar 4.105 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 8 pada ruas B1 ($SF=1.0693$)

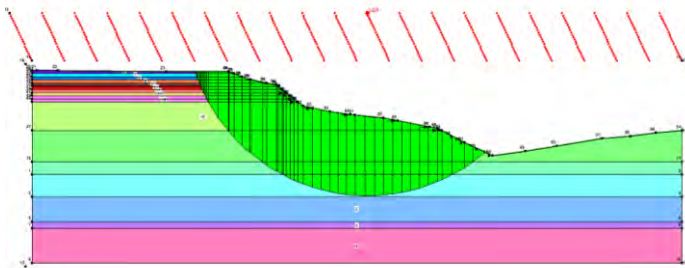


Gambar 4.106 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 8 pada ruas B2 ($SF=1.0225$)

Gambar 4.107 dan gambar 4.108 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 8. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 2.226$ pada ruas B1 dan $SF = 1.218$ pada ruas B2.



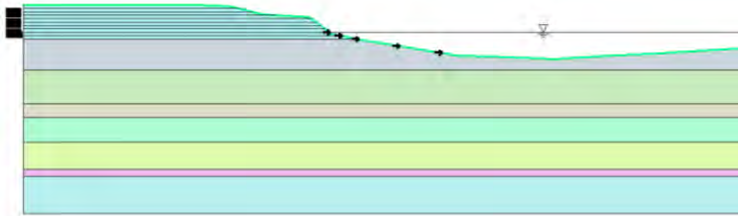
Gambar 4.107 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 8 pada ruas B1 (SF= 2.226)



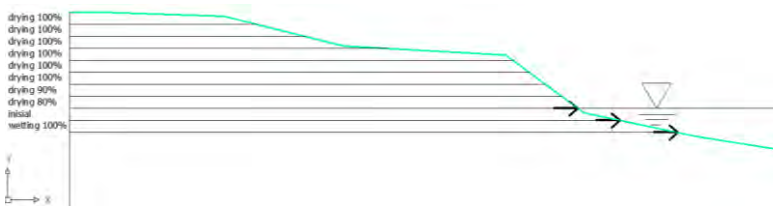
Gambar 4.108 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 8 pada ruas B2 (SF=1.218)

4.5.9 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 9

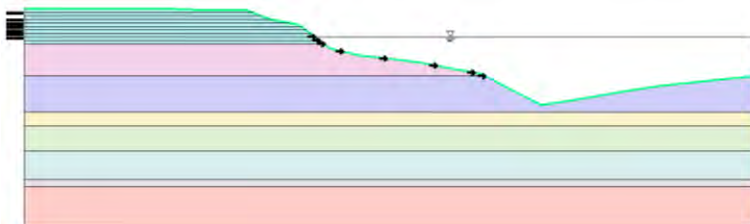
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 9, muka air berada pada kedalaman 4 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.109 sampai dengan gambar 4.112



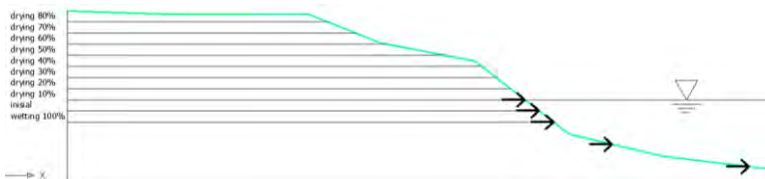
Gambar 4.109 Kondisi 9 Tanah Natural dengan muka air 4 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.110 Detail *drying-wetting* kondisi 9 Tanah Natural ruas B1



Gambar 4.111 Kondisi 9 Tanah Natural dengan muka air 9.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.112 Detail *drying-wetting* kondisi 9 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.73 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 9 ruas B1

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	14.249	13.142	18.322
2	drying 100%	1	14.249	13.142	18.322
3	drying 100%	1.5	14.249	13.142	18.322
4	drying 100%	2	14.249	13.142	18.322
5	drying 100%	2.5	14.249	13.142	18.322
6	drying 100%	3	14.249	13.142	18.322
7	drying 90%	3.5	14.671	13.109	18.313
8	drying 80%	4	15.094	13.079	18.296
9	Inisial	4.5	15.261	13.053	18.283
10	wetting 30%	5	15.302	12.870	18.178

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.74 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 9 ruas B1

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
2	drying 100%	1	110.256	0.000	5865.000	0.208
3	drying 100%	1.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
4	drying 100%	2	110.256	0.000	5865.000	0.208
5	drying 100%	2.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
6	drying 100%	3	110.256	0.000	5865.000	0.208
7	drying 90%	3.5	98.494	0.000	5865.000	0.208
8	drying 80%	4	88.727	0.000	5865.000	0.207
9	Inisial	4.5	61.478	4.420	7859.326	0.207
10	wetting 30%	5	58.975	0.000	5865.000	0.204

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.75 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 9 ruas B2

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 80%	0.5	17.549	13.606	18.378
2	drying 70%	1	17.529	13.483	18.309
3	drying 60%	1.5	17.524	13.272	18.220
4	drying 50%	2	17.412	13.004	18.057
5	drying 40%	2.5	17.386	12.877	17.983
6	drying 30%	3	17.481	12.675	17.863
7	drying 20%	3.5	17.395	12.589	17.805
8	drying 10%	4	17.552	12.565	17.802
9	Inisial	4.5	17.530	12.480	17.723
10	wetting 100%	5	17.363	12.070	17.502

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

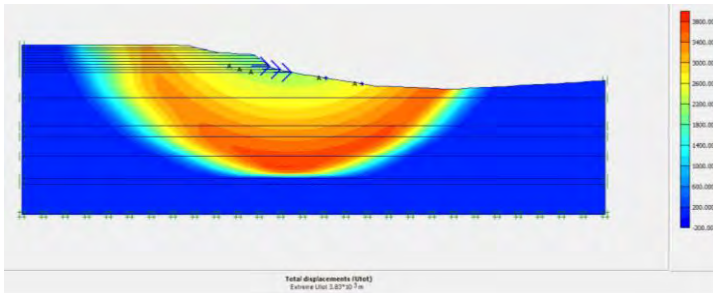
Tabel 4.76 Data parameter mekanis untuk kondisi 9 ruas B2

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 80%	0.5	131.219	0.000	5865.000	0.209
2	drying 70%	1	123.675	0.000	5712.034	0.208
3	drying 60%	1.5	100.707	0.000	5560.055	0.206
4	drying 50%	2	87.211	0.000	5350.078	0.201
5	drying 40%	2.5	61.698	0.000	5209.343	0.200
6	drying 30%	3	59.228	0.000	5126.160	0.197
7	drying 20%	3.5	44.473	0.000	5107.830	0.195
8	drying 10%	4	38.723	0.000	4953.579	0.195
9	Inisial	4.5	37.067	4.300	3810.861	0.193
10	wetting 100%	5	19.444	0.000	5263.472	0.188

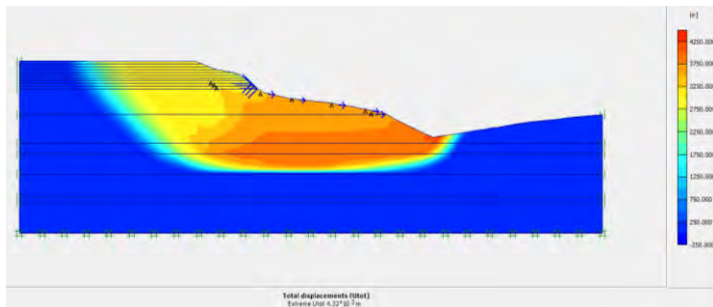
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 9 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 9 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.113 dan gambar 4.114 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 9. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.0754$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0318$ pada ruas B2.

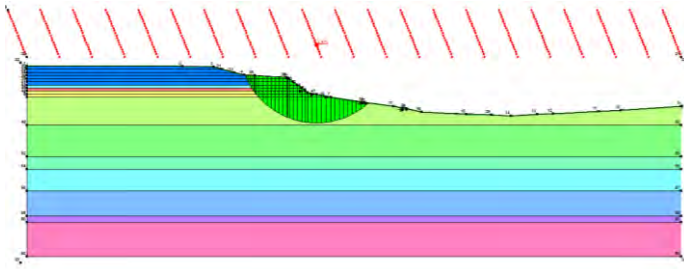


Gambar 4.113 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 9 pada ruas B1 ($SF=1.0754$)

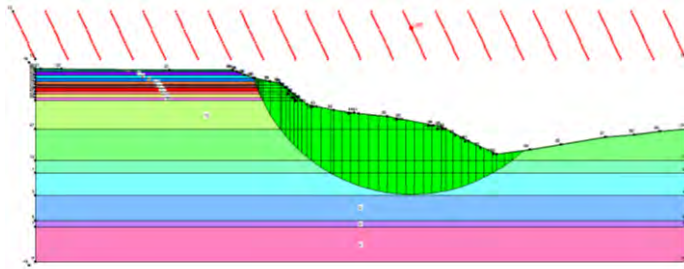


Gambar 4.114 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 9 pada ruas B2 ($SF=1.0318$)

Gambar 4.115 dan gambar 4.116 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 9. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 2.478$ pada ruas B1 dan $SF = 1.265$ pada ruas B2.



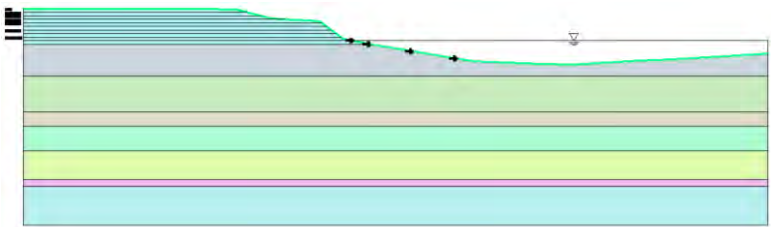
Gambar 4.115 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 9 pada ruas B1 (SF= 2.478)



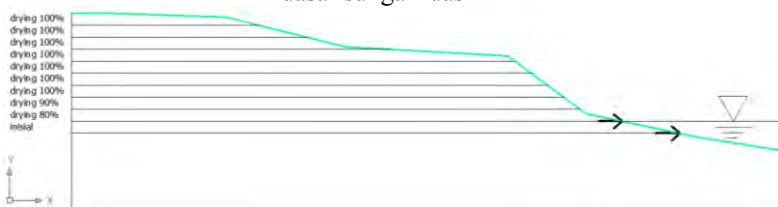
Gambar 4.116 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 9 pada ruas B2 (SF= 1.265)

4.5.10 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural kondisi 10

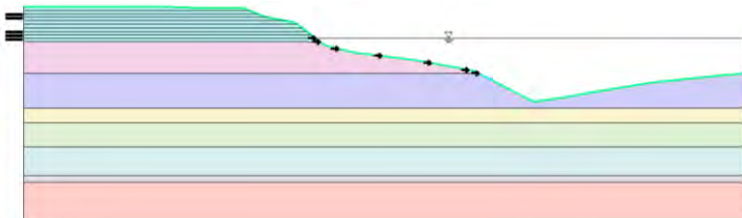
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural kondisi 10, muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.117 sampai dengan gambar 4.120



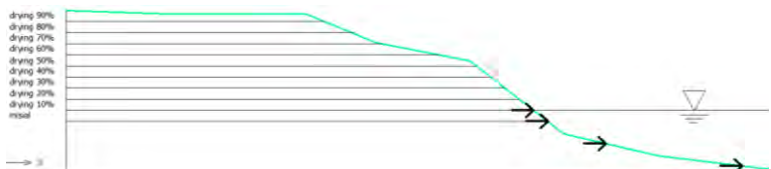
Gambar 4.117 Kondisi 10 Tanah Natural dengan muka air 3.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.118 Detail *drying-wetting* kondisi 10 Tanah Natural ruas



Gambar 4.119 B1Kondisi 10 Tanah Natural dengan muka air 9 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.120 Detail *drying-wetting* kondisi 10 Tanah Natural ruas B2

Tabel 4.77 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 10 ruas B1

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	14.249	13.142	18.322
2	drying 100%	1	14.249	13.142	18.322
3	drying 100%	1.5	14.249	13.142	18.322
4	drying 100%	2	14.249	13.142	18.322
5	drying 100%	2.5	14.249	13.142	18.322
6	drying 100%	3	14.249	13.142	18.322
7	drying 100%	3.5	14.249	13.142	18.322
8	drying 90%	4	14.671	13.109	18.313
9	drying 80%	4.5	15.094	13.079	18.296
10	Inisial	5	15.261	13.053	18.283

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.78 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 10 ruas B1

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
2	drying 100%	1	110.256	0.000	5865.000	0.208
3	drying 100%	1.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
4	drying 100%	2	110.256	0.000	5865.000	0.208
5	drying 100%	2.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
6	drying 100%	3	110.256	0.000	5865.000	0.208
7	drying 100%	3.5	110.256	0.000	5865.000	0.208
8	drying 90%	4	98.494	0.000	5865.000	0.208
9	drying 80%	4.5	88.727	0.000	5865.000	0.207
10	Inisial	5	61.478	4.420	7859.326	0.207

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.79 Data parameter fisis tanah natural untuk kondisi 10 ruas B2

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 90%	0.5	17.555	13.810	18.496
2	drying 80%	1	17.549	13.606	18.378
3	drying 70%	1.5	17.529	13.483	18.309
4	drying 60%	2	17.524	13.272	18.220
5	drying 50%	2.5	17.412	13.004	18.057
6	drying 40%	3	17.386	12.877	17.983
7	drying 30%	3.5	17.481	12.675	17.863
8	drying 20%	4	17.395	12.589	17.805
9	drying 10%	4.5	17.552	12.565	17.802
10	Inisial	5	17.530	12.480	17.723

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

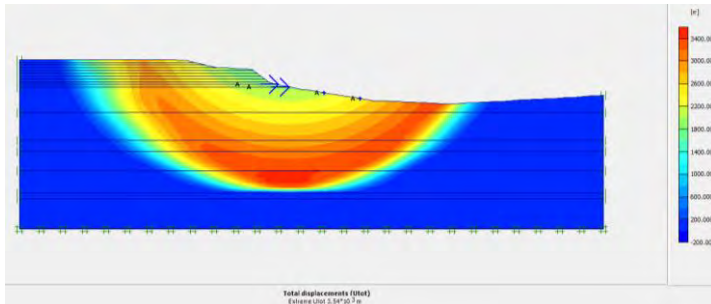
Tabel 4.80 Data parameter mekanis tanah natural untuk kondisi 10 ruas B2

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 90%	0.5	152.698	0.000	5865.000	0.212
2	drying 80%	1	131.219	0.000	5865.000	0.209
3	drying 70%	1.5	123.675	0.000	5712.034	0.208
4	drying 60%	2	100.707	0.000	5560.055	0.206
5	drying 50%	2.5	87.211	0.000	5350.078	0.201
6	drying 40%	3	61.698	0.000	5209.343	0.200
7	drying 30%	3.5	59.228	0.000	5126.160	0.197
8	drying 20%	4	44.473	0.000	5107.830	0.195
9	drying 10%	4.5	38.723	0.000	4953.579	0.195
10	Inisial	5	37.067	4.300	3810.861	0.193

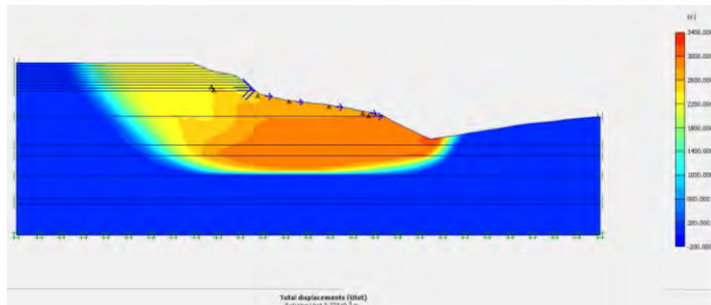
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 10 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 10 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.121 dan gambar 4.122 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 10. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.082$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0421$ pada ruas B2.

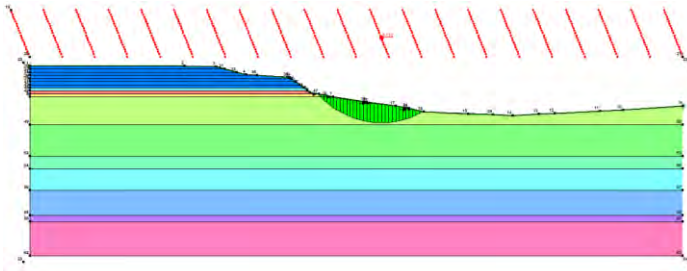


Gambar 4.121 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 10 pada ruas B1 ($SF=1.082$)

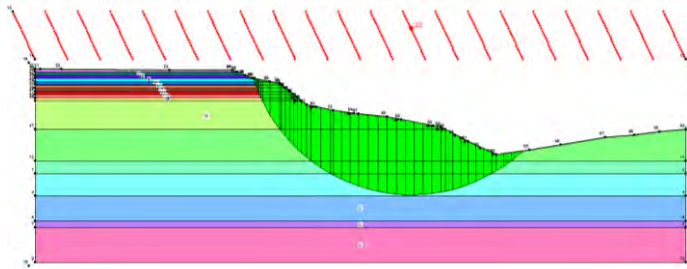


Gambar 4.122 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 10 pada ruas B2 ($SF=1.0421$)

Gambar 4.123 dan gambar 4.124 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural pada kondisi 10. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 2.732$ pada ruas B1 dan $SF = 1.315$ pada ruas B2.



Gambar 4.123 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 10 pada ruas B1 (SF= 2.732)



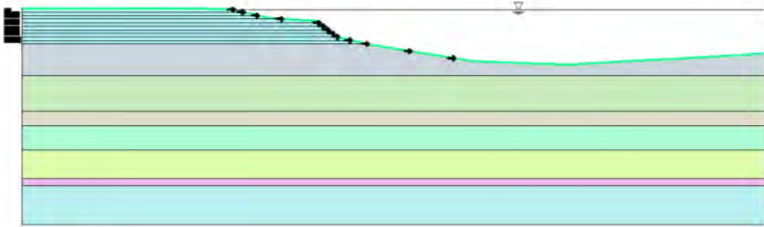
Gambar 4.124 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 10 pada ruas B2 (SF= 1.315)

4.6 Perhitungan Stabilitas Tanggul Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + Kapur

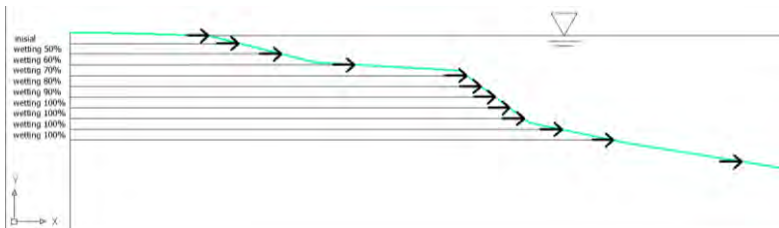
Perhitungan stabilitas tanggul akibat pembasahan dan pengeringan tanah natural + 8% kapur untuk ruas B1 dan tanah natural + 6% kapur untuk ruas B2 dimodelkan ke dalam 10 kondisi untuk tanah permukaan (- 5 m dari permukaan tanah), sedangkan untuk tanah kedalaman > 5 m, tidak dimodelkan mengalami pengeringan dan pembasahan sehingga data yang dipakai pada setiap kondisi sama sesuai dengan data pada subbab 4.2.

4.6.1 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 1

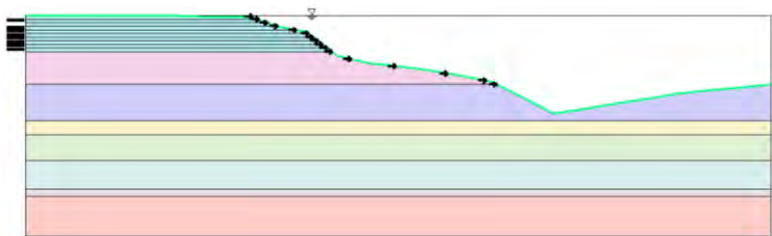
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 1, muka air berada pada kedalaman 8 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.125 sampai dengan gambar 4.128



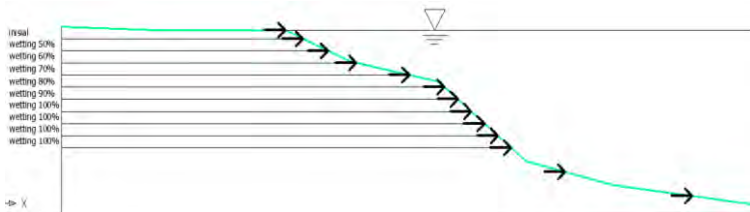
Gambar 4.125 Kondisi 1 Tanah Natural + 8% kapur dengan muka air 8 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.126 Detail *drying-wetting* kondisi 1 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.127 Kondisi 1 Tanah Natural + 6% kapur dengan muka air 13.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.128 Detail *drying-wetting* kondisi 1 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.81 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 1 ruas B1

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	Inisial	0.5	17.318	13.525	18.549
2	wetting 50%	1	17.331	13.418	18.485
3	wetting 60%	1.5	17.631	13.339	18.435
4	wetting 70%	2	17.787	13.259	18.386
5	wetting 80%	2.5	17.946	13.179	18.337
6	wetting 90%	3	18.056	13.070	18.270
7	wetting 100%	3.5	18.193	12.979	18.214
8	wetting 100%	4	18.193	12.979	18.214
9	wetting 100%	4.5	18.193	12.979	18.214
10	wetting 100%	5	18.193	12.979	18.214

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.82 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 1 ruas B1

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	Inisial	0.5	419.313	1.191	86191.068	0.214
2	wetting 50%	1	170.945	0.000	5865.000	0.212
3	wetting 60%	1.5	152.076	0.000	5865.000	0.211
4	wetting 70%	2	126.415	0.000	5865.000	0.210
5	wetting 80%	2.5	111.977	0.000	5865.000	0.208
6	wetting 90%	3	103.287	0.000	5865.000	0.207
7	wetting 100%	3.5	94.600	0.000	5865.000	0.205
8	wetting 100%	4	94.600	0.000	5865.000	0.205
9	wetting 100%	4.5	94.600	0.000	5865.000	0.205
10	wetting 100%	5	94.600	0.000	5865.000	0.205

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.83 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 1 ruas B2

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	Inisial	0.5	17.521	13.789	18.692
2	wetting 50%	1	17.634	13.820	18.709
3	wetting 60%	1.5	17.839	13.784	18.711
4	wetting 70%	2	17.979	13.720	18.678
5	wetting 80%	2.5	18.158	13.672	18.660
6	wetting 90%	3	18.362	13.630	18.645
7	wetting 100%	3.5	18.518	13.585	18.622
8	wetting 100%	4	18.518	13.585	18.622
9	wetting 100%	4.5	18.518	13.585	18.622
10	wetting 100%	5	18.518	13.585	18.622

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

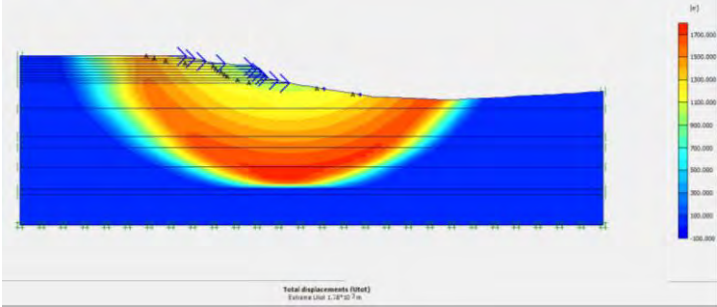
Tabel 4.84 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 1 ruas B2

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	v
1	Inisial	0.5	368.333	4.900	117712.008	0.217
2	wetting 50%	1	155.272	0.000	5865.000	0.218
3	wetting 60%	1.5	137.251	0.000	5865.000	0.218
4	wetting 70%	2	146.017	0.000	5865.000	0.217
5	wetting 80%	2.5	118.507	0.000	5865.000	0.216
6	wetting 90%	3	111.501	0.000	5865.000	0.216
7	wetting 100%	3.5	94.252	0.000	5865.000	0.216
8	wetting 100%	4	94.252	0.000	5865.000	0.216
9	wetting 100%	4.5	94.252	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 100%	5	94.252	0.000	5865.000	0.216

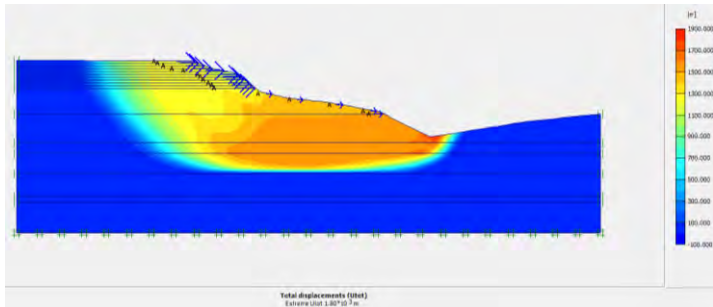
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 1 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 1 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.129 dan gambar 4.130 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 1. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1683 pada ruas B1 dan SF = 1.0589 pada ruas B2.

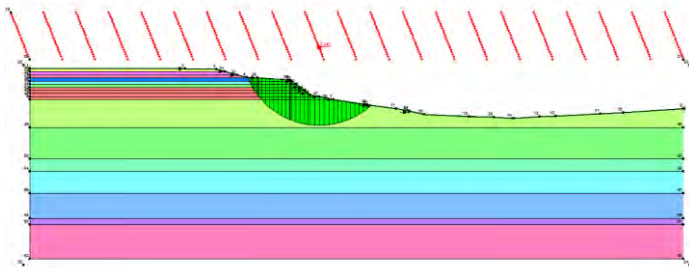


Gambar 4.129 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 1 pada ruas B1 (SF=1.1683)

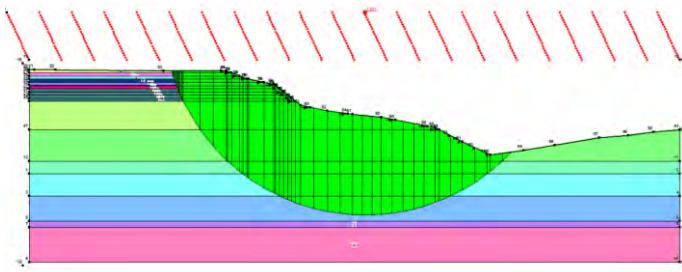


Gambar 4.130 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi1 pada ruas B2 (SF=1.0589)

Gambar 4.131 dan gambar 4.132 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 1. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 2.348 pada ruas B1 dan SF = 1.401 pada ruas B2.



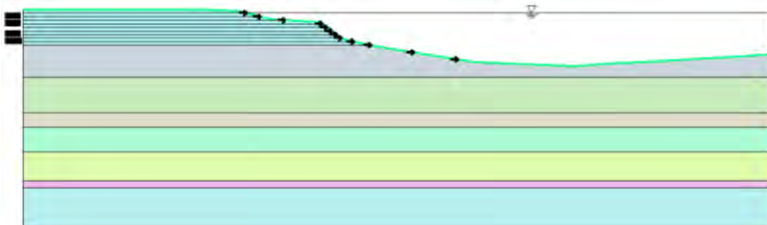
Gambar 4.131 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 1 pada ruas B1 (SF= 2.348)



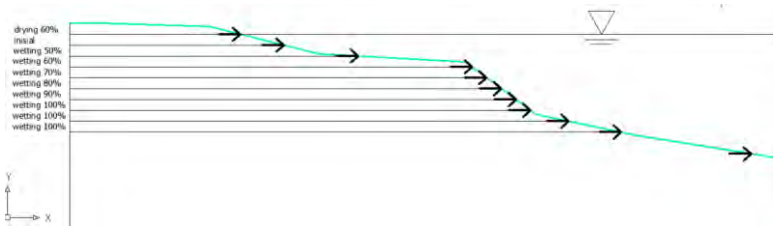
Gambar 4.132 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 1 pada ruas B2 (SF= 1.401)

4.6.2 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 2

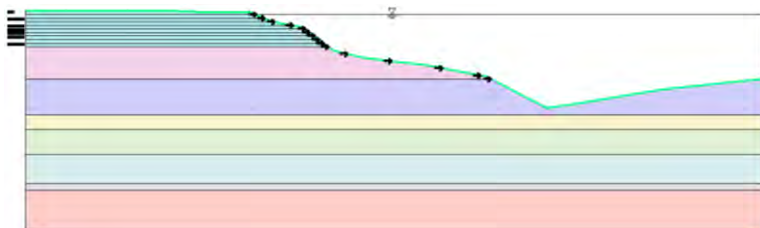
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 2, muka air berada pada kedalaman 7.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.133 sampai dengan gambar 4.136



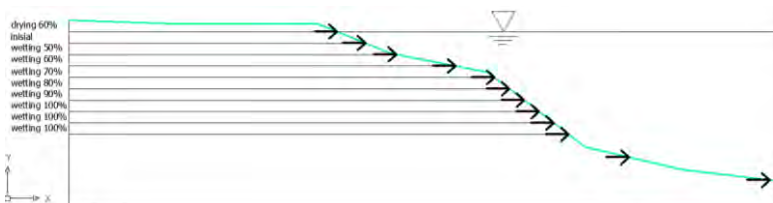
Gambar 4.133 Kondisi 2 Tanah Natural+ 8% kapur dengan muka air 7.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.134 Detail *drying-wetting* kondisi 2 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.135 Kondisi 2 Tanah Natural+ 6% kapur dengan muka air 13 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.136 Detail *drying-wetting* kondisi 2 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.85 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 2 ruas B1

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 60%	0.5	17.221	13.550	18.564
2	Inisial	1	17.318	13.525	18.549
3	wetting 50%	1.5	17.331	13.418	18.485
4	wetting 60%	2	17.631	13.339	18.435
5	wetting 70%	2.5	17.787	13.259	18.386
6	wetting 80%	3	17.946	13.179	18.337
7	wetting 90%	3.5	18.056	13.070	18.270
8	wetting 100%	4	18.193	12.979	18.214
9	wetting 100%	4.5	18.193	12.979	18.214
10	wetting 100%	5	18.193	12.979	18.214

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.86 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 2 ruas B1

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 60%	0.5	212.486	0.000	5865.000	0.214
2	Inisial	1	419.313	1.191	86191.068	0.214
3	wetting 50%	1.5	170.945	0.000	5865.000	0.212
4	wetting 60%	2	152.076	0.000	5865.000	0.211
5	wetting 70%	2.5	126.415	0.000	5865.000	0.210
6	wetting 80%	3	111.977	0.000	5865.000	0.208
7	wetting 90%	3.5	103.287	0.000	5865.000	0.207
8	wetting 100%	4	94.600	0.000	5865.000	0.205
9	wetting 100%	4.5	94.600	0.000	5865.000	0.205
10	wetting 100%	5	94.600	0.000	5865.000	0.205

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.87 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 2 ruas B2

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 60%	0.5	17.587	13.981	18.775
2	Inisial	1	17.521	13.789	18.692
3	wetting 50%	1.5	17.634	13.820	18.709
4	wetting 60%	2	17.839	13.784	18.711
5	wetting 70%	2.5	17.979	13.720	18.678
6	wetting 80%	3	18.158	13.672	18.660
7	wetting 90%	3.5	18.362	13.630	18.645
8	wetting 100%	4	18.518	13.585	18.622
9	wetting 100%	4.5	18.518	13.585	18.622
10	wetting 100%	5	18.518	13.585	18.622

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

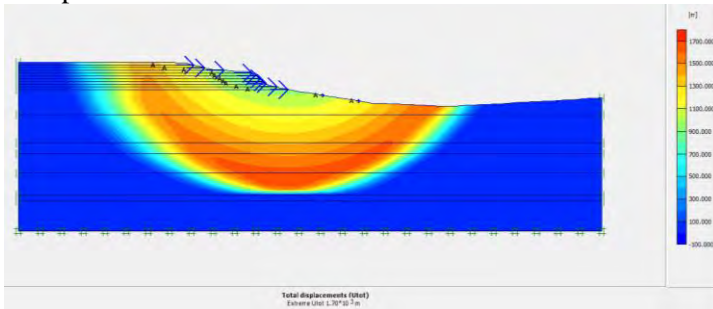
Tabel 4.88 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 2 ruas B2

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 60%	0.5	198.009	0.000	5865.000	0.219
2	Inisial	1	368.333	4.900	117712.008	0.217
3	wetting 50%	1.5	155.272	0.000	5865.000	0.218
4	wetting 60%	2	137.251	0.000	5865.000	0.218
5	wetting 70%	2.5	146.017	0.000	5865.000	0.217
6	wetting 80%	3	118.507	0.000	5865.000	0.216
7	wetting 90%	3.5	111.501	0.000	5865.000	0.216
8	wetting 100%	4	94.252	0.000	5865.000	0.216
9	wetting 100%	4.5	94.252	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 100%	5	94.252	0.000	5865.000	0.216

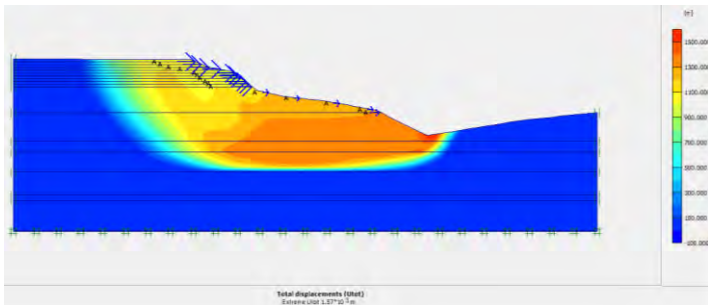
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 2 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 2 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.137 dan gambar 4.138 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 2. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.1734$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0654$ pada ruas B2.

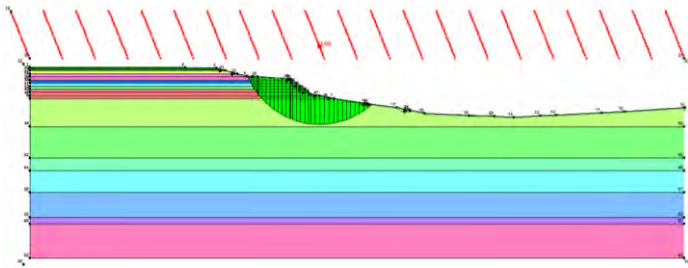


Gambar 4.137 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 2 pada ruas B1 ($SF = 1.1734$)

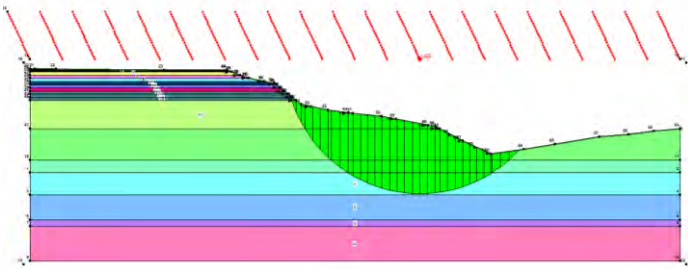


Gambar 4.138 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 2 pada ruas B2 ($SF=1.0654$)

Gambar 4.139 dan gambar 4.140 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 2. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 2.429$ pada ruas B1 dan $SF = 1.422$ pada ruas B2.



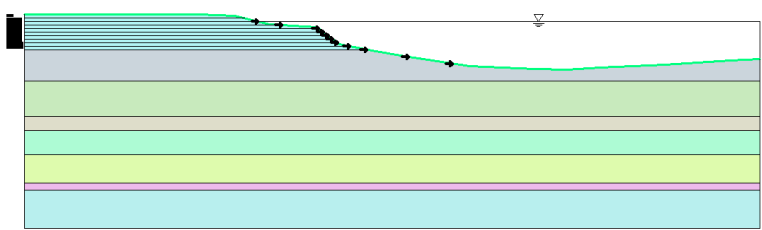
Gambar 4.139 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 2 pada ruas B1 (SF=2.429)



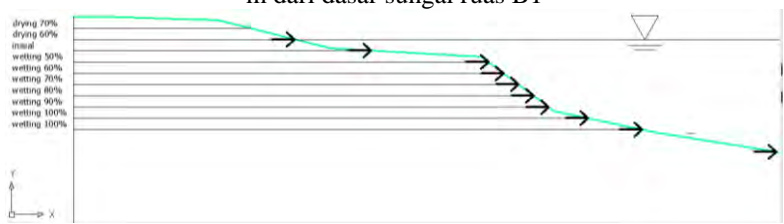
Gambar 4.140 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 2 pada ruas B2 (SF= 1.422)

4.6.3 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 3

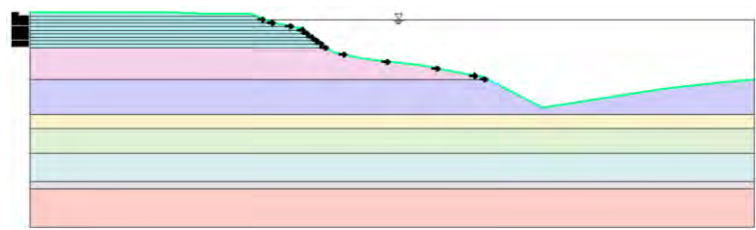
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 3, muka air berada pada kedalaman 7 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 12.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.141 sampai dengan gambar 4.144



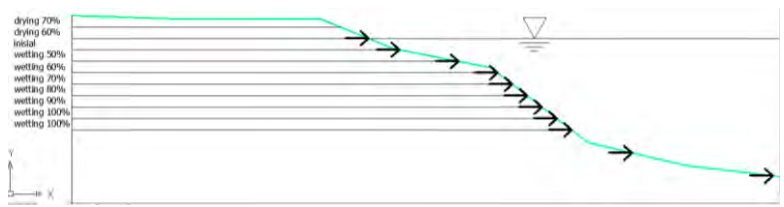
Gambar 4.141 Kondisi 3 Tanah Natural + 8% kapur dengan muka air 7 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.142 Detail *drying-wetting* kondisi 3 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.143 Kondisi 3 Tanah Natural + 6% kapur dengan muka air 12.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.144 Detail *drying-wetting* kondisi 3 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.89 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 3 ruas B1

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 70%	0.5	16.982	13.578	18.605
2	drying 60%	1	17.221	13.550	18.564
3	Inisial	1.5	17.318	13.525	18.549
4	wetting 50%	2	17.331	13.418	18.485
5	wetting 60%	2.5	17.631	13.339	18.435
6	wetting 70%	3	17.787	13.259	18.386
7	wetting 80%	3.5	17.946	13.179	18.337
8	wetting 90%	4	18.056	13.070	18.270
9	wetting 100%	4.5	18.193	12.979	18.214
10	wetting 100%	5	18.193	12.979	18.214

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.90 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 3 ruas B1

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 70%	0.5	234.790	0.000	5865.000	0.215
2	drying 60%	1	212.486	0.000	5865.000	0.214
3	Inisial	1.5	419.313	1.191	86191.068	0.214
4	wetting 50%	2	170.945	0.000	5865.000	0.212
5	wetting 60%	2.5	152.076	0.000	5865.000	0.211
6	wetting 70%	3	126.415	0.000	5865.000	0.210
7	wetting 80%	3.5	111.977	0.000	5865.000	0.208
8	wetting 90%	4	103.287	0.000	5865.000	0.207
9	wetting 100%	4.5	94.600	0.000	5865.000	0.205
10	wetting 100%	5	94.600	0.000	5865.000	0.205

(Sumber : hasil penelitian, 2014)

Tabel 4.91 Data parameter fisis untuk kondisi 3 ruas B2

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 70%	0.5	17.502	14.099	18.825
2	drying 60%	1	17.587	13.981	18.775
3	Inisial	1.5	17.521	13.789	18.692
4	wetting 50%	2	17.634	13.820	18.709
5	wetting 60%	2.5	17.839	13.784	18.711
6	wetting 70%	3	17.979	13.720	18.678
7	wetting 80%	3.5	18.158	13.672	18.660
8	wetting 90%	4	18.362	13.630	18.645
9	wetting 100%	4.5	18.518	13.585	18.622
10	wetting 100%	5	18.518	13.585	18.622

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

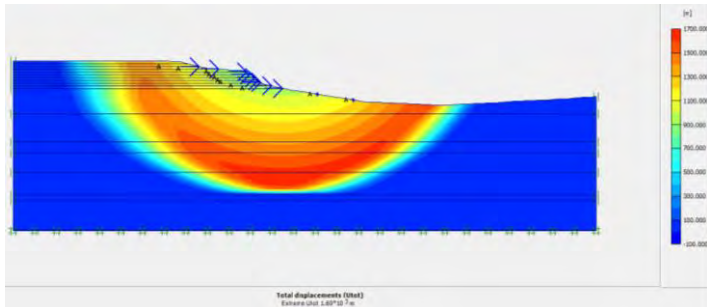
Tabel 4.92 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 3 ruas B2

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 70%	0.5	216.253	0.000	5865.000	0.221
2	drying 60%	1	198.009	0.000	5865.000	0.219
3	Inisial	1.5	368.333	4.900	117712.008	0.217
4	wetting 50%	2	155.272	0.000	5865.000	0.218
5	wetting 60%	2.5	137.251	0.000	5865.000	0.218
6	wetting 70%	3	146.017	0.000	5865.000	0.217
7	wetting 80%	3.5	118.507	0.000	5865.000	0.216
8	wetting 90%	4	111.501	0.000	5865.000	0.216
9	wetting 100%	4.5	94.252	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 100%	5	94.252	0.000	5865.000	0.216

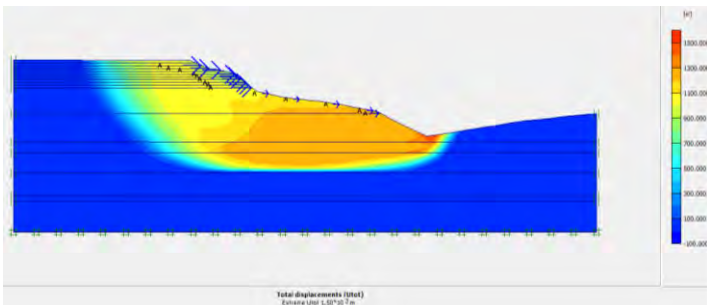
(Sumber : hasil penelitian, 2014)

Dari data dan pengkondisian 3 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 3 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.145 dan gambar 4.146 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 3. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.1805$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0691$ pada ruas B2.

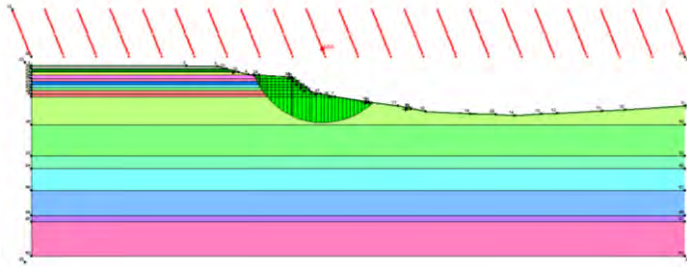


Gambar 4.145 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 3 pada ruas B1 ($SF = 1.1805$)

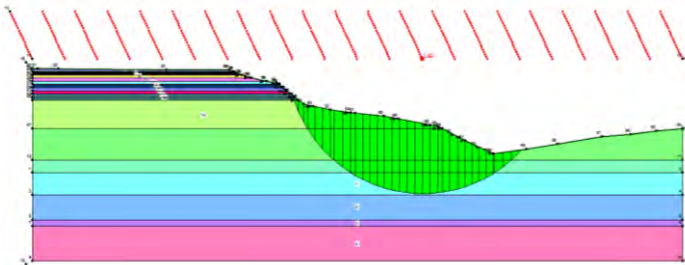


Gambar 4.146 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 3 pada ruas B2 ($SF = 1.0691$)

Gambar 4.147 dan gambar 4.148 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 3. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 2.542$ pada ruas B1 dan $SF = 1.422$ pada ruas B2.



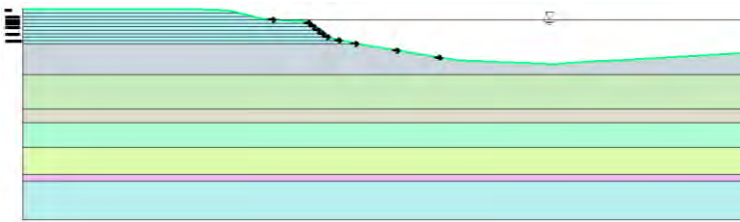
Gambar 4.147 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 3 pada ruas B1 (SF= 2.542)



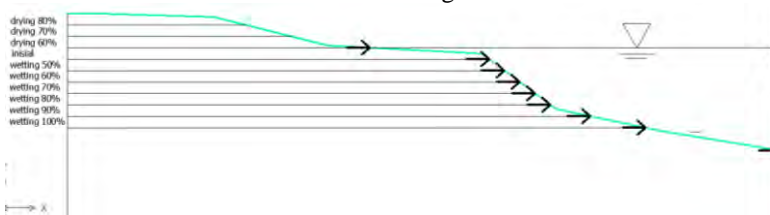
Gambar 4.148 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 3 pada ruas B2 (SF= 1.422)

4.6.4 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 4

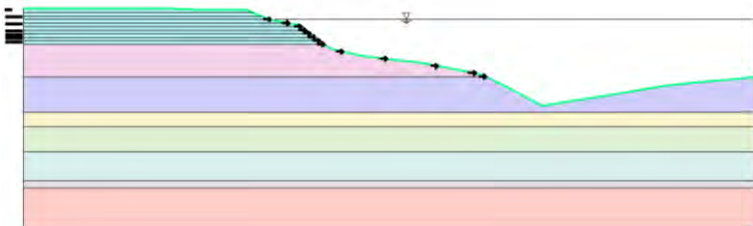
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 4, muka air berada pada kedalaman 6.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 12 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.149 sampai dengan gambar 4.152



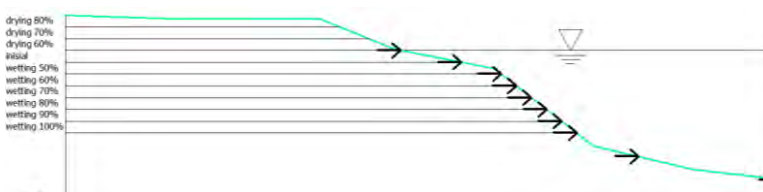
Gambar 4.149 Kondisi 4 Tanah Natural + 8% kapur dengan muka air 6.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.150 Detail *drying-wetting* kondisi 4 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.151 Kondisi 4 Tanah Natural + 6% kapur dengan muka air 12 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.152 Detail *drying-wetting* kondisi 4 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.93 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 4 ruas B1

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 80%	0.5	16.745	13.606	18.599
2	drying 70%	1	16.982	13.578	18.605
3	drying 60%	1.5	17.221	13.550	18.564
4	Inisial	2	17.318	13.525	18.549
5	wetting 50%	2.5	17.331	13.418	18.485
6	wetting 60%	3	17.631	13.339	18.435
7	wetting 70%	3.5	17.787	13.259	18.386
8	wetting 80%	4	17.946	13.179	18.337
9	wetting 90%	4.5	18.056	13.070	18.270
10	wetting 100%	5	18.193	12.979	18.214

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.94 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 4 ruas B1

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 80%	0.5	251.980	0.000	5865.000	0.215
2	drying 70%	1	234.790	0.000	5865.000	0.215
3	drying 60%	1.5	212.486	0.000	5865.000	0.214
4	Inisial	2	419.313	1.191	86191.068	0.214
5	wetting 50%	2.5	170.945	0.000	5865.000	0.212
6	wetting 60%	3	152.076	0.000	5865.000	0.211
7	wetting 70%	3.5	126.415	0.000	5865.000	0.210
8	wetting 80%	4	111.977	0.000	5865.000	0.208
9	wetting 90%	4.5	103.287	0.000	5865.000	0.207
10	wetting 100%	5	94.600	0.000	5865.000	0.205

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.95 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 4 ruas B2

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 80%	0.5	17.272	14.150	18.841
2	drying 70%	1	17.502	14.099	18.825
3	drying 60%	1.5	17.587	13.981	18.775
4	Inisial	2	17.521	13.789	18.692
5	wetting 50%	2.5	17.634	13.820	18.709
6	wetting 60%	3	17.839	13.784	18.711
7	wetting 70%	3.5	17.979	13.720	18.678
8	wetting 80%	4	18.158	13.672	18.660
9	wetting 90%	4.5	18.362	13.630	18.645
10	wetting 100%	5	18.518	13.585	18.622

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

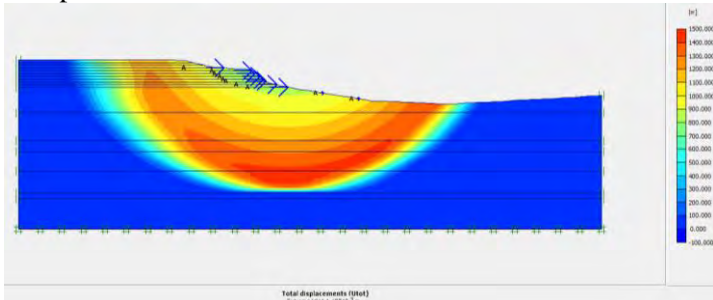
Tabel 4.96 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 4 ruas B2

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 80%	0.5	253.036	0.000	5865.000	0.221
2	drying 70%	1	216.253	0.000	5865.000	0.221
3	drying 60%	1.5	198.009	0.000	5865.000	0.219
4	Inisial	2	368.333	4.900	117712.008	0.217
5	wetting 50%	2.5	155.272	0.000	5865.000	0.218
6	wetting 60%	3	137.251	0.000	5865.000	0.218
7	wetting 70%	3.5	146.017	0.000	5865.000	0.217
8	wetting 80%	4	118.507	0.000	5865.000	0.216
9	wetting 90%	4.5	111.501	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 100%	5	94.252	0.000	5865.000	0.216

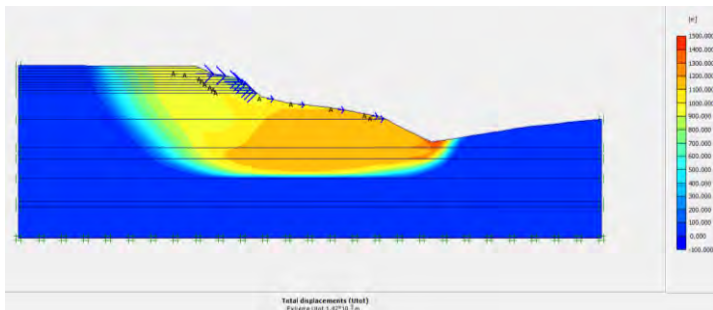
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 4 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 4 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.153 dan gambar 4.154 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 4. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.1909$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0729$ pada ruas B2.

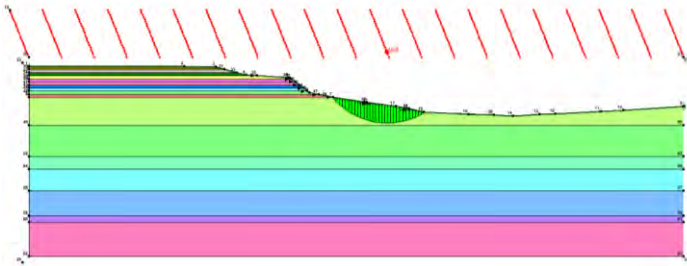


Gambar 4.153 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 4 pada ruas B1 ($SF= 1.1909$)

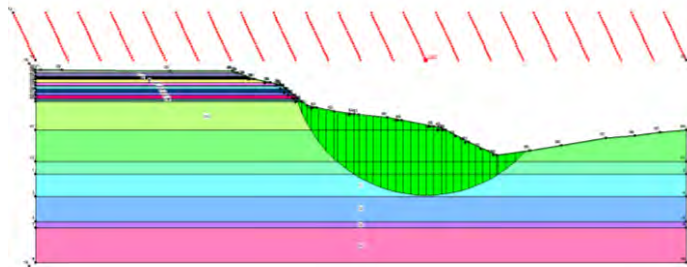


Gambar 4.154 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 4 pada ruas B2 ($SF= 1.0729$)

Gambar 4.155 dan gambar 4.156 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 4. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 3.019$ pada ruas B1 dan $SF = 1.427$ pada ruas B2.



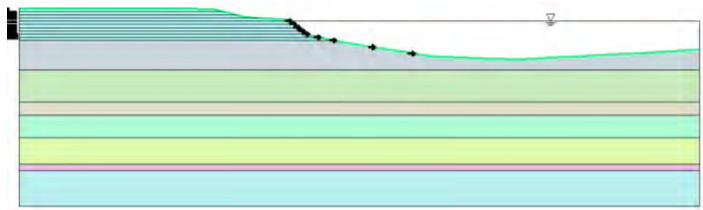
Gambar 4.155 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 4 pada ruas B1 (SF= 3.019)



Gambar 4.156 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 4 pada ruas B2 (SF= 1.427)

4.6.5 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 5

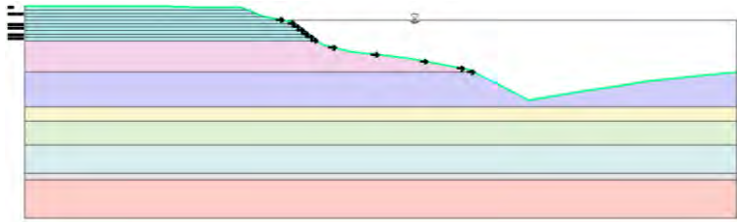
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 5, muka air berada pada kedalaman 6 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.157 sampai dengan gambar 4.160



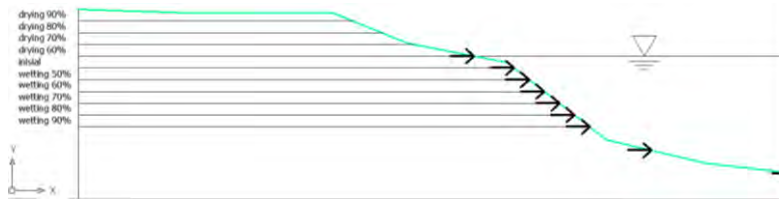
Gambar 4.157 Kondisi 5 Tanah Natural+ 8% kapur dengan muka air 6 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.158 Detail *drying-wetting* kondisi 5 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.159 Kondisi 5 Tanah Natural+ 6% kapur dengan muka air 11 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.160 Detail *drying-wetting* kondisi 5 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.97 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 5 ruas B1

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 90%	0.5	16.516	13.640	18.618
2	drying 80%	1	16.745	13.606	18.599
3	drying 70%	1.5	16.982	13.578	18.605
4	drying 60%	2	17.221	13.550	18.564
5	Inisial	2.5	17.318	13.525	18.549
6	wetting 50%	3	17.331	13.418	18.485
7	wetting 60%	3.5	17.631	13.339	18.435
8	wetting 70%	4	17.787	13.259	18.386
9	wetting 80%	4.5	17.946	13.179	18.337
10	wetting 90%	5	18.056	13.070	18.270

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.98 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 5 ruas B1

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 90%	0.5	277.415	0.000	5865.000	0.215
2	drying 80%	1	251.980	0.000	5865.000	0.215
3	drying 70%	1.5	234.790	0.000	5865.000	0.215
4	drying 60%	2	212.486	0.000	5865.000	0.214
5	Inisial	2.5	419.313	1.191	86191.068	0.214
6	wetting 50%	3	170.945	0.000	5865.000	0.212
7	wetting 60%	3.5	152.076	0.000	5865.000	0.211
8	wetting 70%	4	126.415	0.000	5865.000	0.210
9	wetting 80%	4.5	111.977	0.000	5865.000	0.208
10	wetting 90%	5	103.287	0.000	5865.000	0.207

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.99 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 5 ruas B2

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 90%	0.5	17.081	14.195	18.855
2	drying 80%	1	17.272	14.150	18.841
3	drying 70%	1.5	17.502	14.099	18.825
4	drying 60%	2	17.587	13.981	18.775
5	Inisial	2.5	17.521	13.789	18.692
6	wetting 50%	3	17.634	13.820	18.709
7	wetting 60%	3.5	17.839	13.784	18.711
8	wetting 70%	4	17.979	13.720	18.678
9	wetting 80%	4.5	18.158	13.672	18.660
10	wetting 90%	5	18.362	13.630	18.645

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

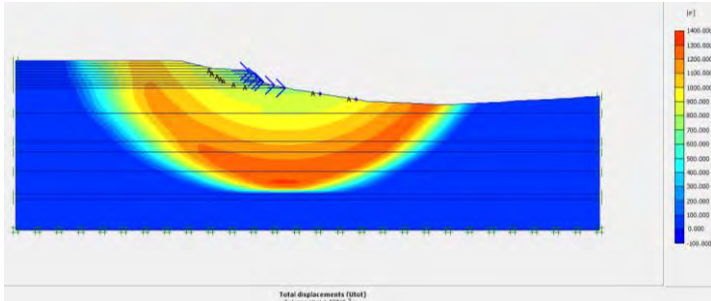
Tabel 4.100 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 5 ruas B2

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 90%	0.5	271.022	0.000	5865.000	0.221
2	drying 80%	1	253.036	0.000	5865.000	0.221
3	drying 70%	1.5	216.253	0.000	5865.000	0.221
4	drying 60%	2	198.009	0.000	5865.000	0.219
5	Inisial	2.5	368.333	4.900	117712.008	0.217
6	wetting 50%	3	155.272	0.000	5865.000	0.218
7	wetting 60%	3.5	137.251	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 70%	4	146.017	0.000	5865.000	0.217
9	wetting 80%	4.5	118.507	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 90%	5	111.501	0.000	5865.000	0.216

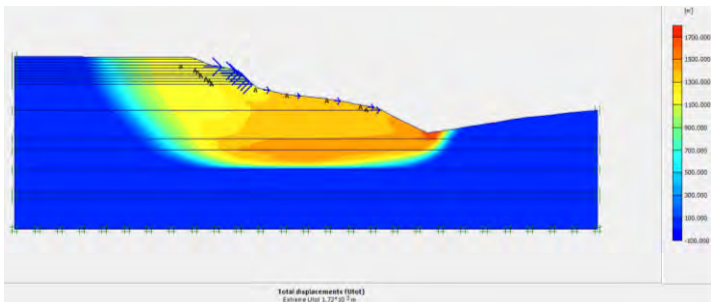
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 5 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 5 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.161 dan gambar 4.162 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural kapur pada kondisi 5. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.1997$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0784$ pada ruas B2.

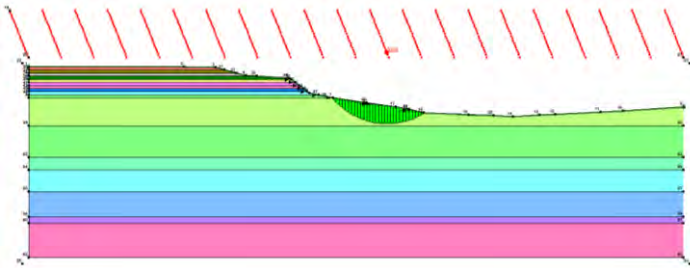


Gambar 4.161 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 5 pada ruas B1 ($SF = 1.1997$)

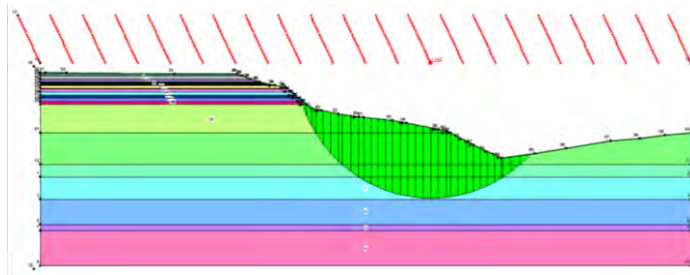


Gambar 4.162 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 5 pada ruas B2 ($SF=1.0784$)

Gambar 4.163 dan gambar 4.164 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 5. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 3.022$ pada ruas B1 dan $SF = 1.442$ pada ruas B2.



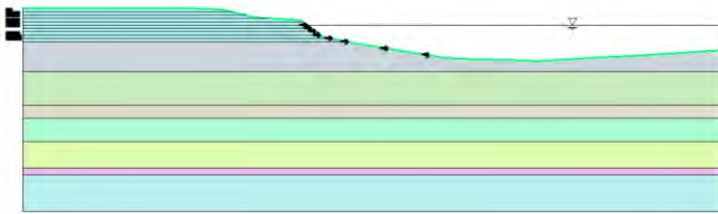
Gambar 4.163 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 5 pada ruas B1 (SF= 3.022)



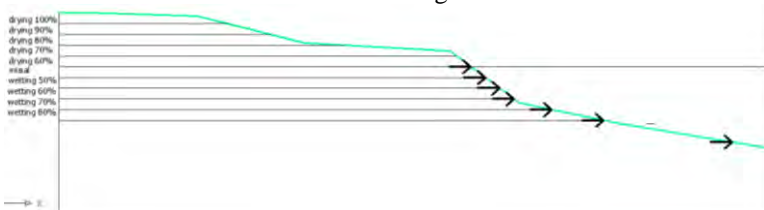
Gambar 4.164 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 5 pada ruas B2 (SF= 1.442)

4.6.6 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 6

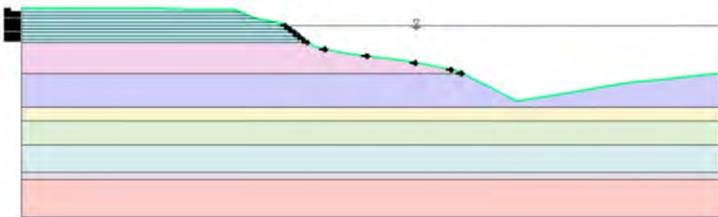
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 6, muka air berada pada kedalaman 5.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.65 sampai dengan gambar 4.68



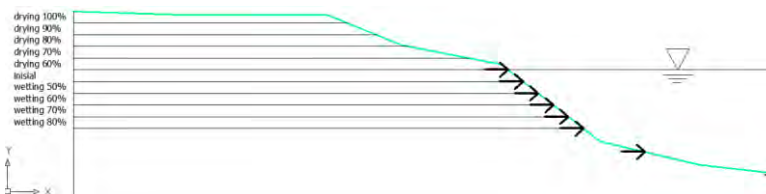
Gambar 4.165 Kondisi 6 Tanah Natural + 8% kapur dengan muka air 5.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.166 Detail *drying-wetting* kondisi 6 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.167 Kondisi 6 Tanah Natural + 8% kapur dengan muka air 11 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.168 Detail *drying-wetting* kondisi 6 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.101 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 6 ruas B1

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.162	13.690	18.649
2	drying 90%	1	16.516	13.640	18.618
3	drying 80%	1.5	16.745	13.606	18.599
4	drying 70%	2	16.982	13.578	18.605
5	drying 60%	2.5	17.221	13.550	18.564
6	Inisial	3	17.318	13.525	18.549
7	wetting 50%	3.5	17.331	13.418	18.485
8	wetting 60%	4	17.631	13.339	18.435
9	wetting 70%	4.5	17.787	13.259	18.386
10	wetting 80%	5	17.946	13.179	18.337

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.102 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 6 ruas B1

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
2	drying 90%	1	277.415	0.000	5865.000	0.215
3	drying 80%	1.5	251.980	0.000	5865.000	0.215
4	drying 70%	2	234.790	0.000	5865.000	0.215
5	drying 60%	2.5	212.486	0.000	5865.000	0.214
6	Inisial	3	419.313	1.191	86191.068	0.214
7	wetting 50%	3.5	170.945	0.000	5865.000	0.212
8	wetting 60%	4	152.076	0.000	5865.000	0.211
9	wetting 70%	4.5	126.415	0.000	5865.000	0.210
10	wetting 80%	5	111.977	0.000	5865.000	0.208

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.103 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 6 ruas B2

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.909	14.230	18.871
2	drying 90%	1	17.081	14.195	18.855
3	drying 80%	1.5	17.272	14.150	18.841
4	drying 70%	2	17.502	14.099	18.825
5	drying 60%	2.5	17.587	13.981	18.775
6	Inisial	3	17.521	13.789	18.692
7	wetting 50%	3.5	17.634	13.820	18.709
8	wetting 60%	4	17.839	13.784	18.711
9	wetting 70%	4.5	17.979	13.720	18.678
10	wetting 80%	5	18.158	13.672	18.660

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

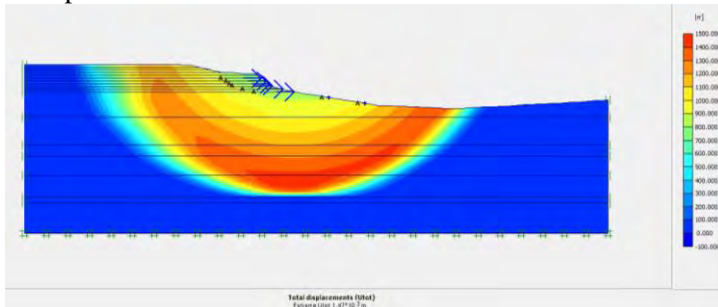
Tabel 4.104 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 6 ruas B2

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
2	drying 90%	1	271.022	0.000	5865.000	0.221
3	drying 80%	1.5	253.036	0.000	5865.000	0.221
4	drying 70%	2	216.253	0.000	5865.000	0.221
5	drying 60%	2.5	198.009	0.000	5865.000	0.219
6	Inisial	3	368.333	4.900	117712.008	0.217
7	wetting 50%	3.5	155.272	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 60%	4	137.251	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 70%	4.5	146.017	0.000	5865.000	0.217
10	wetting 80%	5	118.507	0.000	5865.000	0.216

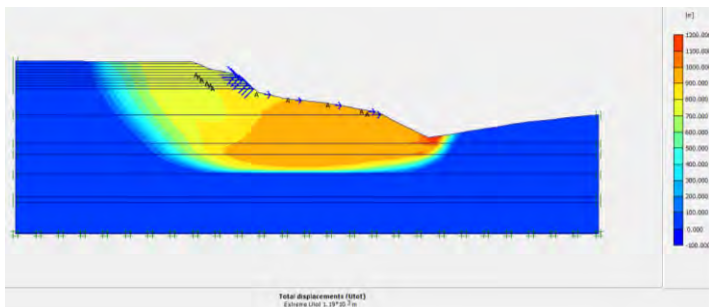
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 6 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 6 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.169 dan gambar 4.170 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 6. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.2092$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0846$ pada ruas B2.

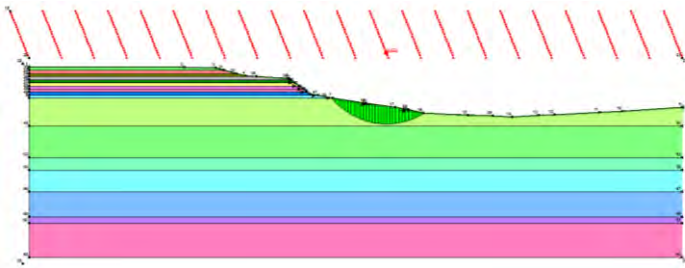


Gambar 4.169 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 6 pada ruas B1 ($SF = 1.2092$)

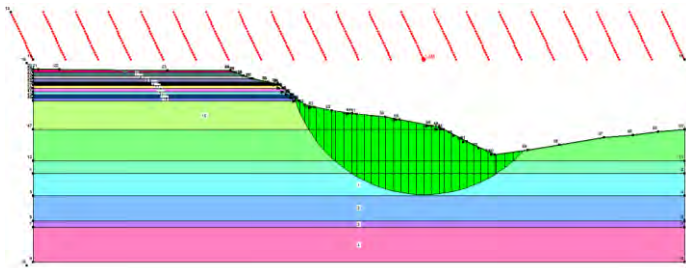


Gambar 4.170 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 6 pada ruas B2 ($SF = 1.0846$)

Gambar 4.171 dan gambar 4.172 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 6. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 3.025$ pada ruas B1 dan $SF = 1.455$ pada ruas B2.



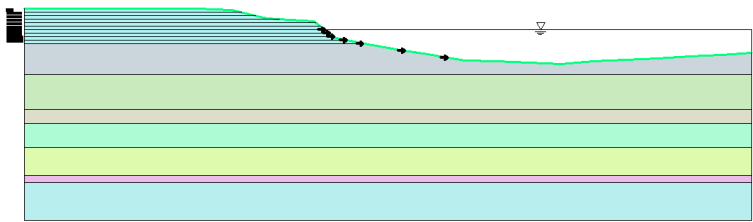
Gambar 4.171 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 6 pada ruas B1 (SF= 3.025)



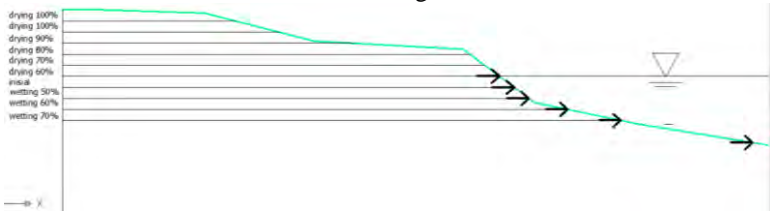
Gambar 4.172 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 6 pada ruas B2 (SF=1.455)

4.6.7 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 7

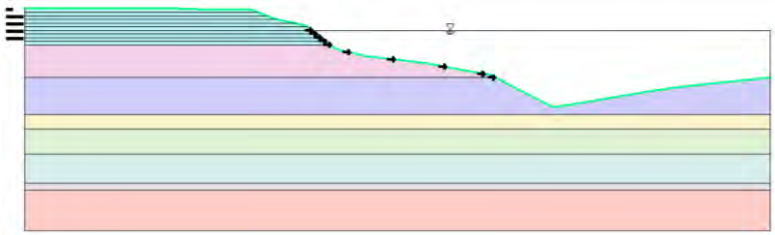
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 7, muka air berada pada kedalaman 5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.173 sampai dengan gambar 4.176



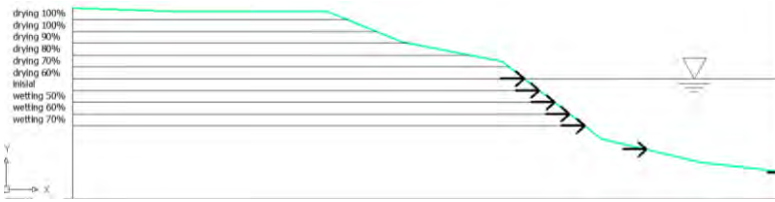
Gambar 4.173 Kondisi 7 Tanah Natural + 8% kapur dengan muka air 5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.174 Detail *drying-wetting* kondisi 7 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.175 Kondisi 7 Tanah Natural + 6% kapur dengan muka air 10.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.176 Detail *drying-wetting* kondisi 7 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.105 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 7 ruas B1

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.162	13.690	18.649
2	drying 100%	1	16.162	13.690	18.649
3	drying 90%	1.5	16.516	13.640	18.618
4	drying 80%	2	16.745	13.606	18.599
5	drying 70%	2.5	16.982	13.578	18.605
6	drying 60%	3	17.221	13.550	18.564
7	Inisial	3.5	17.318	13.525	18.549
8	wetting 50%	4	17.331	13.418	18.485
9	wetting 60%	4.5	17.631	13.339	18.435
10	wetting 70%	5	17.787	13.259	18.386

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.106 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 7 ruas B1

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
2	drying 100%	1	307.112	0.000	5865.000	0.216
3	drying 90%	1.5	277.415	0.000	5865.000	0.215
4	drying 80%	2	251.980	0.000	5865.000	0.215
5	drying 70%	2.5	234.790	0.000	5865.000	0.215
6	drying 60%	3	212.486	0.000	5865.000	0.214
7	Inisial	3.5	419.313	1.191	86191.068	0.214
8	wetting 50%	4	170.945	0.000	5865.000	0.212
9	wetting 60%	4.5	152.076	0.000	5865.000	0.211
10	wetting 70%	5	126.415	0.000	5865.000	0.210

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.107 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 7 ruas B2

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.909	14.230	18.871
2	drying 100%	1	16.909	14.230	18.871
3	drying 90%	1.5	17.081	14.195	18.855
4	drying 80%	2	17.272	14.150	18.841
5	drying 70%	2.5	17.502	14.099	18.825
6	drying 60%	3	17.587	13.981	18.775
7	Inisial	3.5	17.521	13.789	18.692
8	wetting 50%	4	17.634	13.820	18.709
9	wetting 60%	4.5	17.839	13.784	18.711
10	wetting 70%	5	17.979	13.720	18.678

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

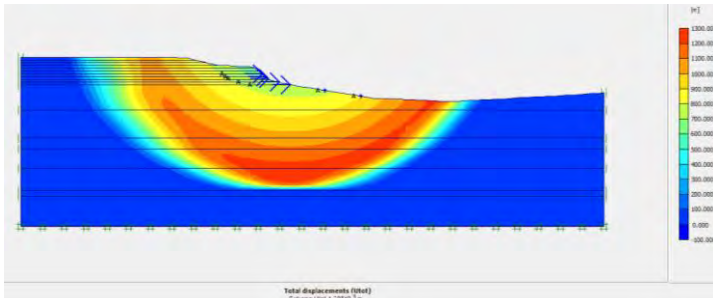
Tabel 4.108 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 7 ruas B2

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
2	drying 100%	1	300.278	0.000	5865.000	0.222
3	drying 90%	1.5	271.022	0.000	5865.000	0.221
4	drying 80%	2	253.036	0.000	5865.000	0.221
5	drying 70%	2.5	216.253	0.000	5865.000	0.221
6	drying 60%	3	198.009	0.000	5865.000	0.219
7	Inisial	3.5	368.333	4.900	117712.008	0.217
8	wetting 50%	4	155.272	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 60%	4.5	137.251	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 70%	5	146.017	0.000	5865.000	0.217

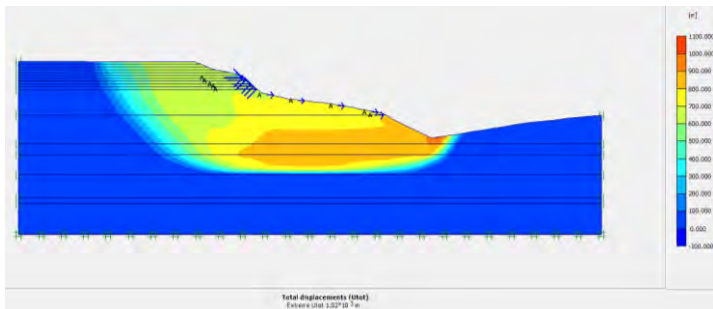
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 7 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 7 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.177 dan gambar 4.178 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 7. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.2187$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0906$ pada ruas B2.

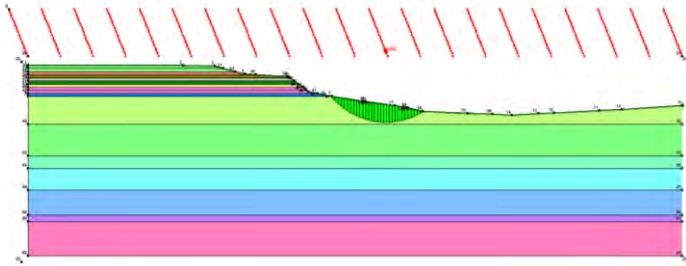


Gambar 4.177 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 7 pada ruas B1 ($SF= 1.2187$)

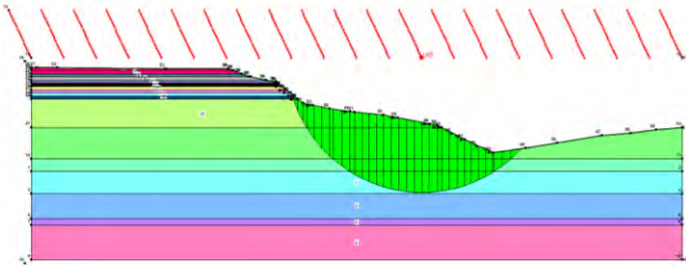


Gambar 4.178 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 7 pada ruas B2 ($SF= 1.0906$)

Gambar 4.179 dan gambar 4.180 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 7. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 3.031$ pada ruas B1 dan $SF = 1.473$ pada ruas B2.



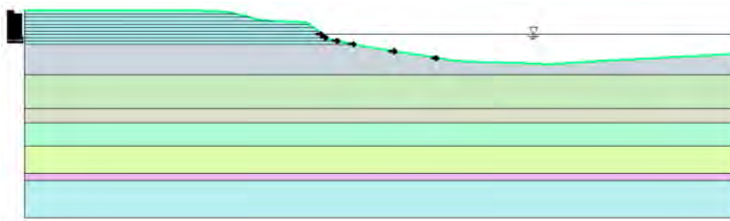
Gambar 4.179 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 7 pada ruas B1 (SF= 3.031)



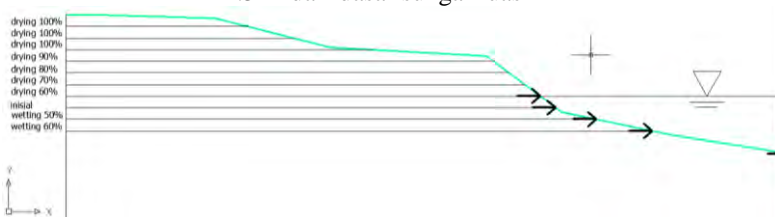
Gambar 4.180 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 7 pada ruas B2 (SF= 1.473)

4.6.8 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 8

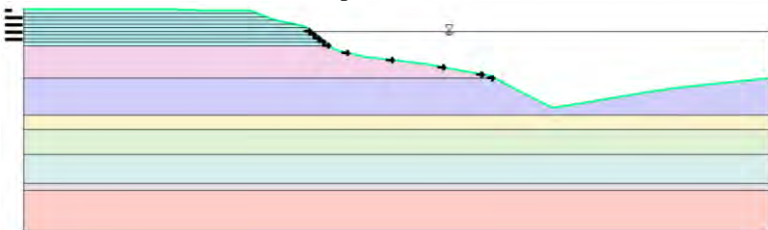
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 8, muka air berada pada kedalaman 4.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.181 sampai dengan gambar 4.184



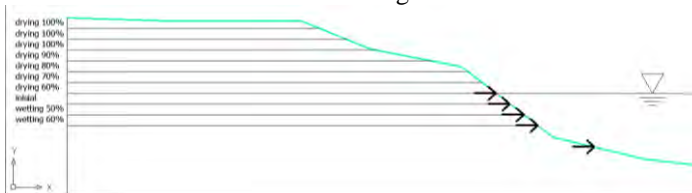
Gambar 4.181 Kondisi 8 Tanah Natural + 8% kapur dengan muka air 4.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.182 Detail *drying-wetting* kondisi 8 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.183 Kondisi 8 Tanah Natural + 6% kapur dengan muka air 10 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.184 Detail *drying-wetting* kondisi 8 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.109 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 8 ruas B1

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.162	13.690	18.649
2	drying 100%	1	16.162	13.690	18.649
3	drying 100%	1.5	16.162	13.690	18.649
4	drying 90%	2	16.516	13.640	18.618
5	drying 80%	2.5	16.745	13.606	18.599
6	drying 70%	3	16.982	13.578	18.605
7	drying 60%	3.5	17.221	13.550	18.564
8	Inisial	4	17.318	13.525	18.549
9	wetting 50%	4.5	17.331	13.418	18.485
10	wetting 60%	5	17.631	13.339	18.435

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.110 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 8 ruas B1

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
2	drying 100%	1	307.112	0.000	5865.000	0.216
3	drying 100%	1.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
4	drying 90%	2	277.415	0.000	5865.000	0.215
5	drying 80%	2.5	251.980	0.000	5865.000	0.215
6	drying 70%	3	234.790	0.000	5865.000	0.215
7	drying 60%	3.5	212.486	0.000	5865.000	0.214
8	Inisial	4	419.313	1.191	86191.068	0.214
9	wetting 50%	4.5	170.945	0.000	5865.000	0.212
10	wetting 60%	5	152.076	0.000	5865.000	0.211

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.111 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 8 ruas B2

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.909	14.230	18.871
2	drying 100%	1	16.909	14.230	18.871
3	drying 100%	1.5	16.909	14.230	18.871
4	drying 90%	2	17.081	14.195	18.855
5	drying 80%	2.5	17.272	14.150	18.841
6	drying 70%	3	17.502	14.099	18.825
7	drying 60%	3.5	17.587	13.981	18.775
8	Inisial	4	17.521	13.789	18.692
9	wetting 50%	4.5	17.634	13.820	18.709
10	wetting 60%	5	17.839	13.784	18.711

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

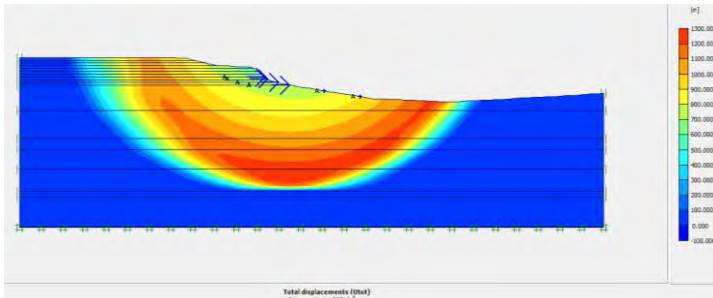
Tabel 4.112 Data parameter mekanis untuk kondisi 8 ruas B2

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
2	drying 100%	1	300.278	0.000	5865.000	0.222
3	drying 100%	1.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
4	drying 90%	2	271.022	0.000	5865.000	0.221
5	drying 80%	2.5	253.036	0.000	5865.000	0.221
6	drying 70%	3	216.253	0.000	5865.000	0.221
7	drying 60%	3.5	198.009	0.000	5865.000	0.219
8	Inisial	4	368.333	4.900	117712.008	0.217
9	wetting 50%	4.5	155.272	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 60%	5	137.251	0.000	5865.000	0.218

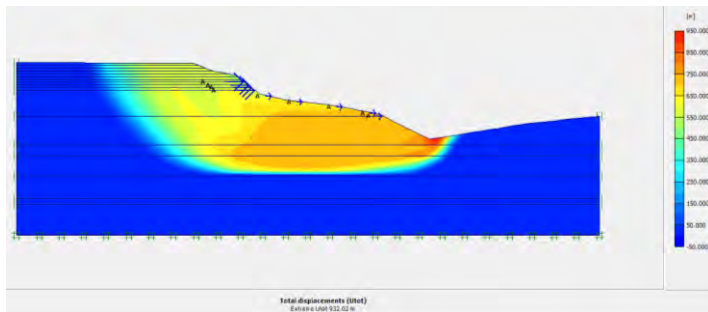
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 8 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 8 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.185 dan gambar 4.186 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 8. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.2334$ pada ruas B1 dan $SF = 1.0976$ pada ruas B2.

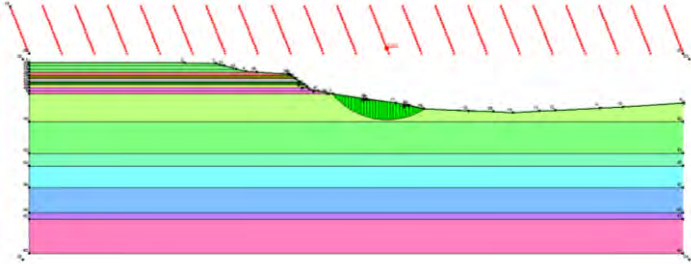


Gambar 4.185 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 8 pada ruas B1 ($SF=1.2334$)

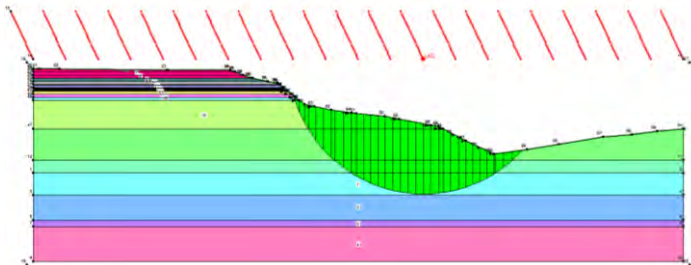


Gambar 4.186 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 8 pada ruas B2 ($SF=1.0976$)

Gambar 4.187 dan gambar 4.188 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 8. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 3.041$ pada ruas B1 dan $SF = 1.472$ pada ruas B2.



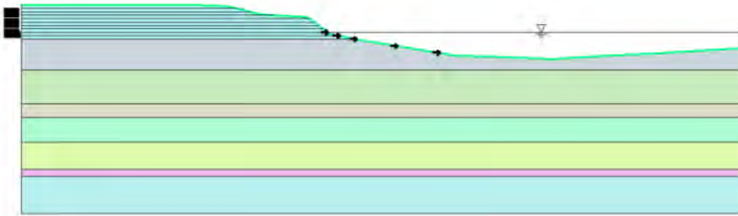
Gambar 4.187 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 8 pada ruas B1 (SF= 3.041)



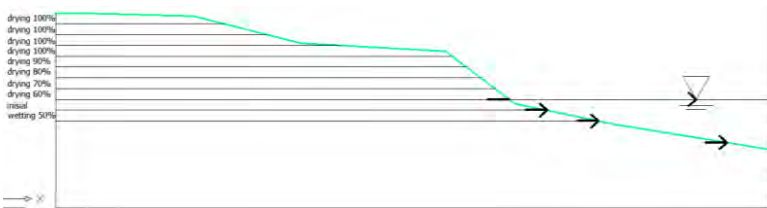
Gambar 4.188 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 8 pada ruas B2 (SF= 1.472)

4.6.9 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 9

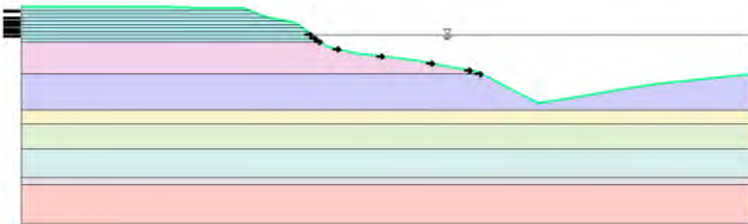
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 9, muka air berada pada kedalaman 4 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.189 sampai dengan gambar 4.192



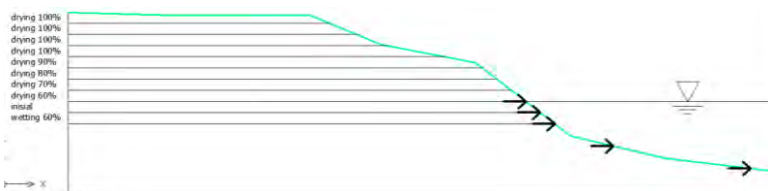
Gambar 4.189 Kondisi 9 Tanah Natural + 8% kapur dengan muka air 4 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.190 Detail *drying-wetting* kondisi 9 Tanah Natural + 8% kapur ruas B1



Gambar 4.191 Kondisi 9 Tanah Natural + 6% kapur dengan muka air 9.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.192 Detail *drying-wetting* kondisi 9 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.113 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 9 ruas B1

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.162	13.690	18.649
2	drying 100%	1	16.162	13.690	18.649
3	drying 100%	1.5	16.162	13.690	18.649
4	drying 100%	2	16.162	13.690	18.649
5	drying 90%	2.5	16.516	13.640	18.618
6	drying 80%	3	16.745	13.606	18.599
7	drying 70%	3.5	16.982	13.578	18.605
8	drying 60%	4	17.221	13.550	18.564
9	Inisial	4.5	17.318	13.525	18.549
10	wetting 50%	5	17.331	13.418	18.485

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.114 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 9 ruas B1

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
2	drying 100%	1	307.112	0.000	5865.000	0.216
3	drying 100%	1.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
4	drying 100%	2	307.112	0.000	5865.000	0.216
5	drying 90%	2.5	277.415	0.000	5865.000	0.215
6	drying 80%	3	251.980	0.000	5865.000	0.215
7	drying 70%	3.5	234.790	0.000	5865.000	0.215
8	drying 60%	4	212.486	0.000	5865.000	0.214
9	Inisial	4.5	419.313	1.191	86191.068	0.214
10	wetting 50%	5	170.945	0.000	5865.000	0.212

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.115 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 9 ruas B2

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.909	14.230	18.871
2	drying 100%	1	16.909	14.230	18.871
3	drying 100%	1.5	16.909	14.230	18.871
4	drying 100%	2	16.909	14.230	18.871
5	drying 90%	2.5	17.081	14.195	18.855
6	drying 80%	3	17.272	14.150	18.841
7	drying 70%	3.5	17.502	14.099	18.825
8	drying 60%	4	17.587	13.981	18.775
9	Inisial	4.5	17.521	13.789	18.692
10	wetting 50%	5	17.634	13.820	18.709

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

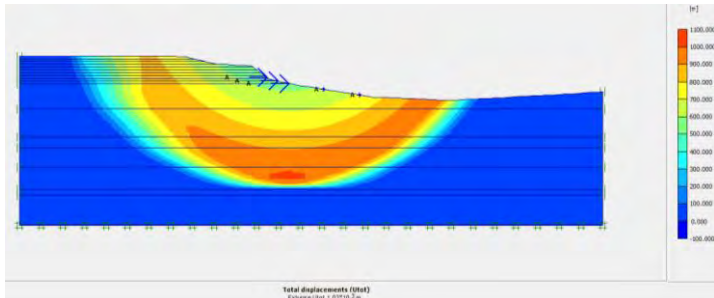
Tabel 4.116 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 9 ruas B2

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
2	drying 100%	1	300.278	0.000	5865.000	0.222
3	drying 100%	1.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
4	drying 100%	2	300.278	0.000	5865.000	0.222
5	drying 90%	2.5	271.022	0.000	5865.000	0.221
6	drying 80%	3	253.036	0.000	5865.000	0.221
7	drying 70%	3.5	216.253	0.000	5865.000	0.221
8	drying 60%	4	198.009	0.000	5865.000	0.219
9	Inisial	4.5	368.333	4.900	117712.008	0.217
10	wetting 50%	5	155.272	0.000	5865.000	0.218

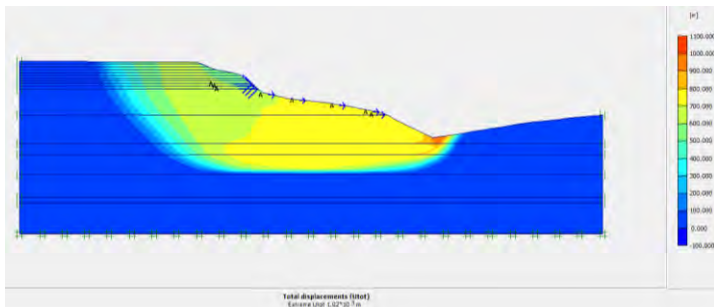
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 9 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 9 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.193 dan gambar 4.194 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 9. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.2434$ pada ruas B1 dan $SF = 1.1064$ pada ruas B2.

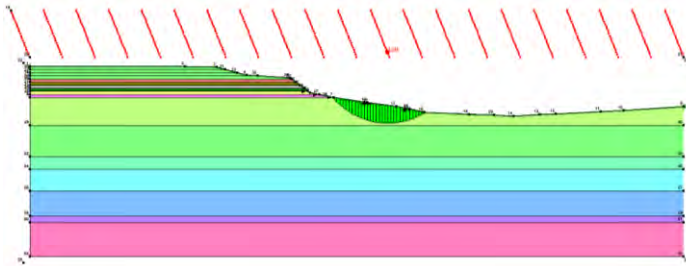


Gambar 4.193 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 9 pada ruas B1 ($SF = 1.2434$)

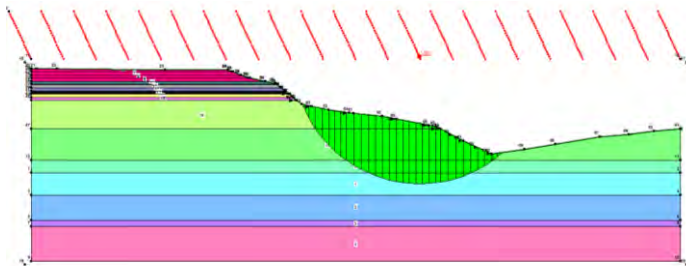


Gambar 4.194 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 9 pada ruas B2 ($SF = 1.1064$)

Gambar 4.195 dan gambar 4.196 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 9. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 3.048$ pada ruas B1 dan $SF = 1.503$ pada ruas B2.



Gambar 4.195 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 9 pada ruas B1 (SF= 3.048)



Gambar 4.196 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 9 pada ruas B2 (SF= 1.503)

4.6.10 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Kapur kondisi 10

Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + kapur kondisi 10, muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.197 sampai dengan gambar 4.200

Gambar 4.200 Detail *drying-wetting* kondisi 10 Tanah Natural + 6% kapur ruas B2

Tabel 4.117 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 10 ruas B1

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.162	13.690	18.649
2	drying 100%	1	16.162	13.690	18.649
3	drying 100%	1.5	16.162	13.690	18.649
4	drying 100%	2	16.162	13.690	18.649
5	drying 100%	2.5	16.162	13.690	18.649
6	drying 90%	3	16.516	13.640	18.618
7	drying 80%	3.5	16.745	13.606	18.599
8	drying 70%	4	16.982	13.578	18.605
9	drying 60%	4.5	17.221	13.550	18.564
10	Inisial	5	17.318	13.525	18.549

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.118 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 10 ruas B1

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
2	drying 100%	1	307.112	0.000	5865.000	0.216
3	drying 100%	1.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
4	drying 100%	2	307.112	0.000	5865.000	0.216
5	drying 100%	2.5	307.112	0.000	5865.000	0.216
6	drying 90%	3	277.415	0.000	5865.000	0.215
7	drying 80%	3.5	251.980	0.000	5865.000	0.215
8	drying 70%	4	234.790	0.000	5865.000	0.215
9	drying 60%	4.5	212.486	0.000	5865.000	0.214
10	Inisial	5	419.313	1.191	86191.068	0.214

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.119 Data parameter fisis tanah natural + kapur untuk kondisi 10 ruas B2

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.909	14.230	18.871
2	drying 100%	1	16.909	14.230	18.871
3	drying 100%	1.5	16.909	14.230	18.871
4	drying 100%	2	16.909	14.230	18.871
5	drying 100%	2.5	16.909	14.230	18.871
6	drying 90%	3	17.081	14.195	18.855
7	drying 80%	3.5	17.272	14.150	18.841
8	drying 70%	4	17.502	14.099	18.825
9	drying 60%	4.5	17.587	13.981	18.775
10	Inisial	5	17.521	13.789	18.692

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

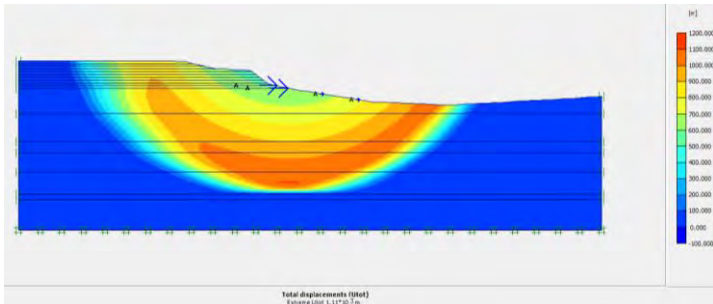
Tabel 4.120 Data parameter mekanis tanah natural + kapur untuk kondisi 10 ruas B2

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
2	drying 100%	1	300.278	0.000	5865.000	0.222
3	drying 100%	1.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
4	drying 100%	2	300.278	0.000	5865.000	0.222
5	drying 100%	2.5	300.278	0.000	5865.000	0.222
6	drying 90%	3	271.022	0.000	5865.000	0.221
7	drying 80%	3.5	253.036	0.000	5865.000	0.221
8	drying 70%	4	216.253	0.000	5865.000	0.221
9	drying 60%	4.5	198.009	0.000	5865.000	0.219
10	Inisial	5	368.333	4.900	117712.008	0.217

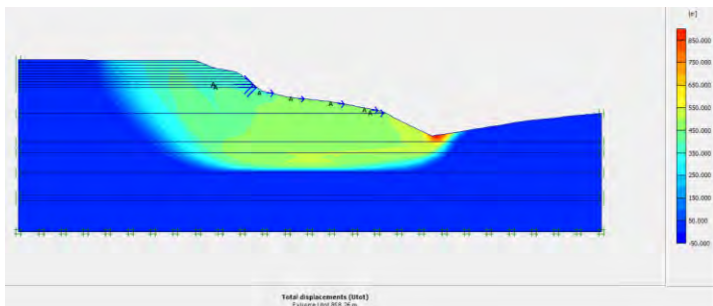
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 10 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 10 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.201 dan gambar 4.202 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 10. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh $SF = 1.2566$ pada ruas B1 dan $SF = 1.113$ pada ruas B2.

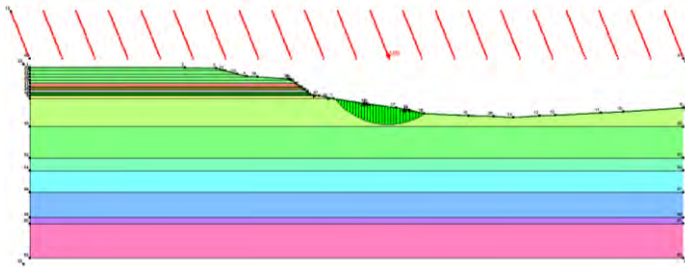


Gambar 4.201 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 10 pada ruas B1 ($SF = 1.2566$)

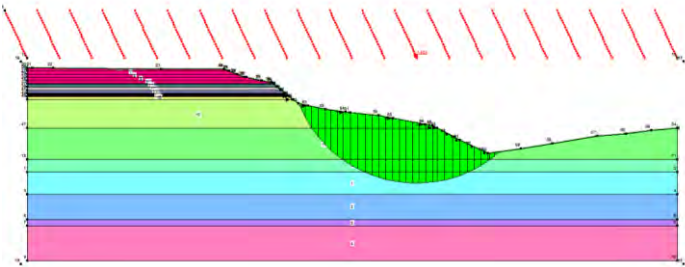


Gambar 4.202 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 10 pada ruas B2 ($SF = 1.113$)

Gambar 4.203 dan gambar 4.204 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + kapur pada kondisi 10. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh $SF = 3.094$ pada ruas B1 dan $SF = 1.503$ pada ruas B2.



Gambar 4.203 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 10 pada ruas B1 (SF= 3.094)



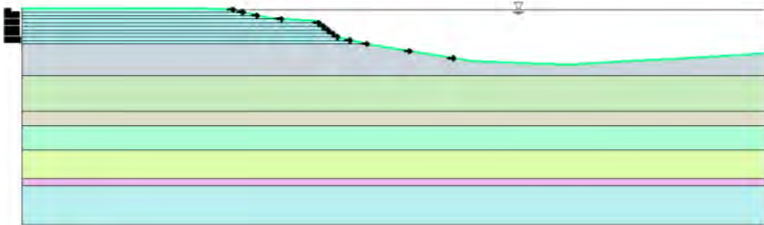
Gambar 4.204 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 10 pada ruas B2 (SF= 1.503)

4.7 Perhitungan Stabilitas Tanggul Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + *Fly ash*

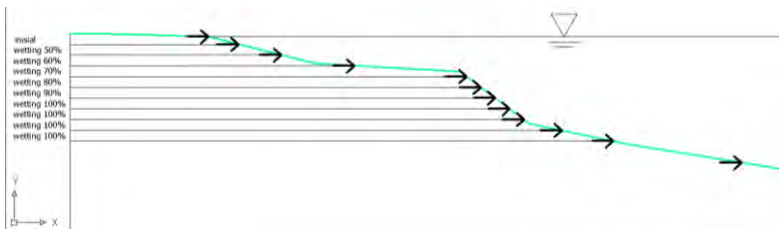
Perhitungan stabilitas tanggul akibat pembasahan dan pengeringan tanah natural + 15 % *Fly ash* untuk ruas B1 dan tanah natural + 10 % *Fly ash* untuk ruas B2 dimodelkan ke dalam 10 kondisi untuk tanah permukaan (- 5 m dari permukaan tanah), sedangkan untuk tanah kedalaman > 5 m, tidak dimodelkan mengalami pengeringan dan pembasahan sehingga data yang dipakai pada setiap kondisi sama sesuai dengan data pada subbab 4.2.

4.7.1 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 1

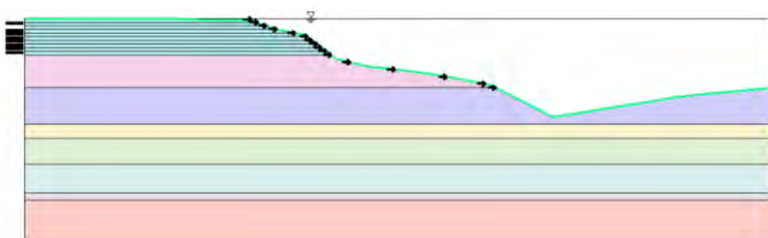
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 1, muka air berada pada kedalaman 8 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.205 sampai dengan gambar 4.208



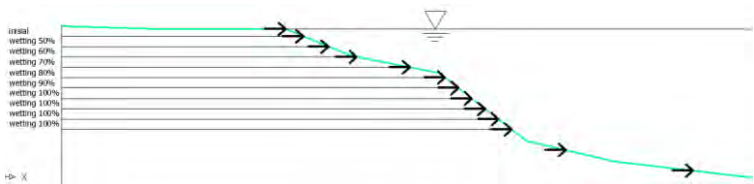
Gambar 4.205 Kondisi 1 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 8 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.206 Detail *drying-wetting* kondisi 1 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.207 Kondisi 1 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 13.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.208 Detail *drying-wetting* kondisi 1 Tanah Natural + 10 % Fly ash ruas B2

Tabel 4.121 Data parameter fisis tanah natural + fly ash untuk kondisi 1 ruas B1

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	Inisial	0.5	17.607	13.543	18.735
2	wetting 50%	1	17.551	13.486	18.706
3	wetting 60%	1.5	17.760	13.460	18.692
4	wetting 70%	2	17.982	13.444	18.683
5	wetting 80%	2.5	18.182	13.413	18.665
6	wetting 90%	3	18.394	13.391	18.652
7	wetting 100%	3.5	18.610	13.373	18.646
8	wetting 100%	4	18.610	13.373	18.646
9	wetting 100%	4.5	18.610	13.373	18.646
10	wetting 100%	5	18.610	13.373	18.646

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.122 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 1 ruas B1

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	Inisial	0.5	126.400	3.831	9512.117	0.218
2	wetting 50%	1	83.467	0.000	5865.000	0.218
3	wetting 60%	1.5	77.733	0.000	5865.000	0.217
4	wetting 70%	2	69.733	0.000	5865.000	0.217
5	wetting 80%	2.5	52.333	0.000	5865.000	0.217
6	wetting 90%	3	36.067	0.000	5865.000	0.216
7	wetting 100%	3.5	25.733	0.000	5865.000	0.216
8	wetting 100%	4	25.733	0.000	5865.000	0.216
9	wetting 100%	4.5	25.733	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 100%	5	25.733	0.000	5865.000	0.216

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.123 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 1 ruas B2

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	Inisial	0.5	17.099	13.682	18.727
2	wetting 50%	1	17.211	13.625	18.745
3	wetting 60%	1.5	17.498	13.595	18.728
4	wetting 70%	2	17.704	13.560	18.730
5	wetting 80%	2.5	17.936	13.543	18.728
6	wetting 90%	3	18.207	13.528	18.735
7	wetting 100%	3.5	18.472	13.517	18.717
8	wetting 100%	4	18.472	13.517	18.717
9	wetting 100%	4.5	18.472	13.517	18.717
10	wetting 100%	5	18.472	13.517	18.717

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

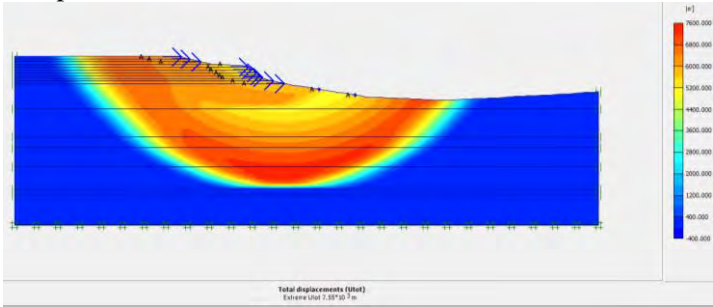
Tabel 4.124 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 1 ruas B2

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	Inisial	0.5	82.000	2.700	12875.715	0.218
2	wetting 50%	1	147.213	0.000	5865.000	0.219
3	wetting 60%	1.5	130.206	0.000	5865.000	0.218
4	wetting 70%	2	116.939	0.000	5865.000	0.218
5	wetting 80%	2.5	93.202	0.000	5865.000	0.218
6	wetting 90%	3	82.711	0.000	5865.000	0.218
7	wetting 100%	3.5	60.213	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 100%	4	60.213	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 100%	4.5	60.213	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 100%	5	60.213	0.000	5865.000	0.218

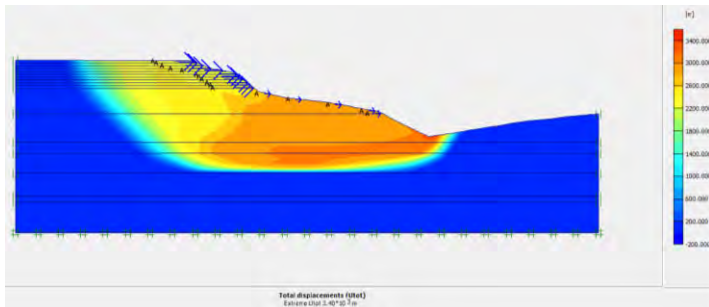
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 1 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 1 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.209 dan gambar 4.210 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 1. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.0842 pada ruas B1 dan SF = 1.0309 pada ruas B2.

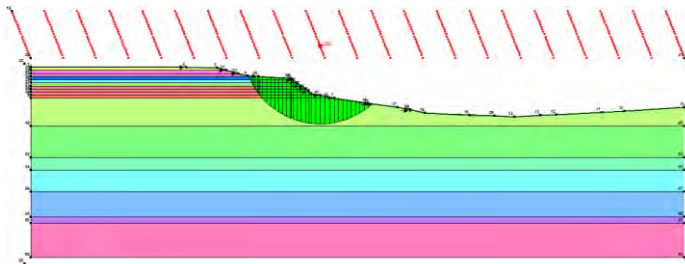


Gambar 4.209 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 1 pada ruas B1 (SF= 1.0842)

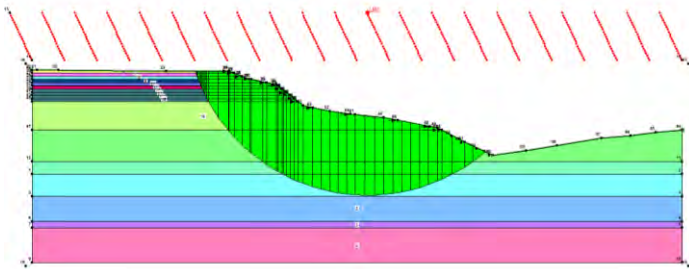


Gambar 4.210 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi1 pada ruas B2 (SF= 1.0309)

Gambar 4.127 dan gambar 4.128 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 1. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.443 pada ruas B1 dan SF = 1.283 pada ruas B2.



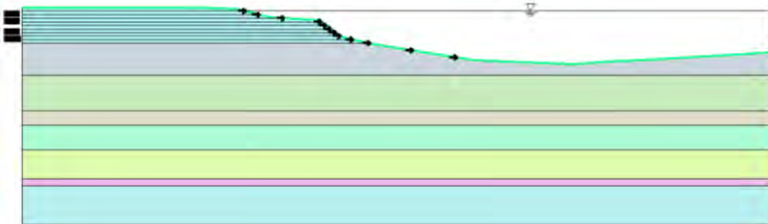
Gambar 4.211 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 1 pada ruas B1 (SF= 1.443)



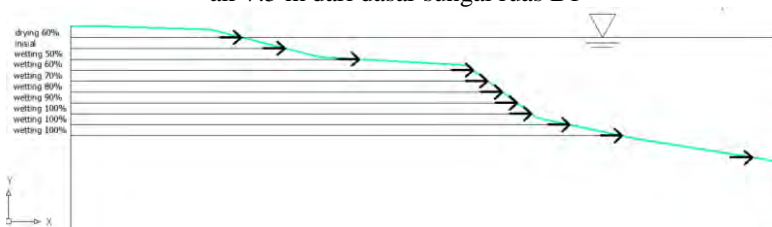
Gambar 4.212 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 1 pada ruas B2 (SF= 1.283)

4.7.2 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 2

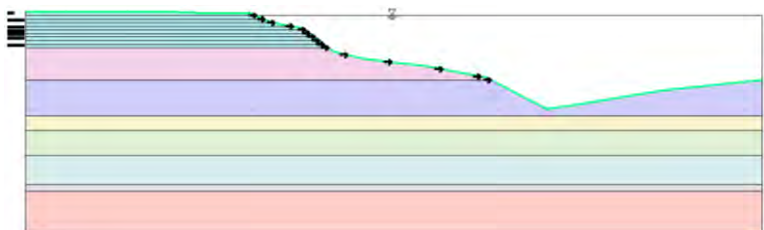
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 2, muka air berada pada kedalaman 7.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.13 sampai dengan gambar 4.16



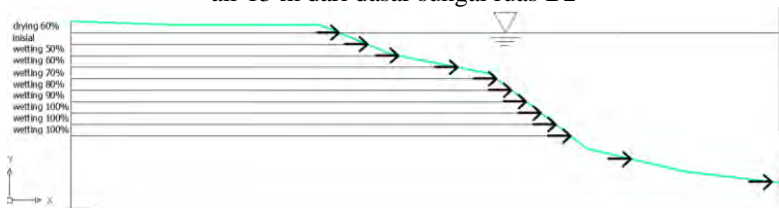
Gambar 4.213 Kondisi 2 Tanah Natural +15 % *Fly ash* dengan muka air 7.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.214 Detail *drying-wetting* kondisi 2 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.215 Kondisi 2 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 13 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.216 Detail *drying-wetting* kondisi 2 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* ruas B2

Tabel 4.125 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 2 ruas B1

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 60%	0.5	17.423	13.578	18.754
2	Inisial	1	17.607	13.543	18.735
3	wetting 50%	1.5	17.551	13.486	18.706
4	wetting 60%	2	17.760	13.460	18.692
5	wetting 70%	2.5	17.982	13.444	18.683
6	wetting 80%	3	18.182	13.413	18.665
7	wetting 90%	3.5	18.394	13.391	18.652
8	wetting 100%	4	18.610	13.373	18.646
9	wetting 100%	4.5	18.610	13.373	18.646
10	wetting 100%	5	18.610	13.373	18.646

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.126 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 2 ruas B1

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 60%	0.5	73.728	0.000	5865.000	0.219
2	Inisial	1	126.400	3.831	9512.117	0.218
3	wetting 50%	1.5	83.467	0.000	5865.000	0.218
4	wetting 60%	2	77.733	0.000	5865.000	0.217
5	wetting 70%	2.5	69.733	0.000	5865.000	0.217
6	wetting 80%	3	52.333	0.000	5865.000	0.217
7	wetting 90%	3.5	36.067	0.000	5865.000	0.216
8	wetting 100%	4	25.733	0.000	5865.000	0.216
9	wetting 100%	4.5	25.733	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 100%	5	25.733	0.000	5865.000	0.216

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.127 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 2 ruas B2

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 60%	0.5	17.092	13.750	18.764
2	Inisial	1	17.099	13.682	18.727
3	wetting 50%	1.5	17.211	13.625	18.745
4	wetting 60%	2	17.498	13.595	18.728
5	wetting 70%	2.5	17.704	13.560	18.730
6	wetting 80%	3	17.936	13.543	18.728
7	wetting 90%	3.5	18.207	13.528	18.735
8	wetting 100%	4	18.472	13.517	18.717
9	wetting 100%	4.5	18.472	13.517	18.717
10	wetting 100%	5	18.472	13.517	18.717

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

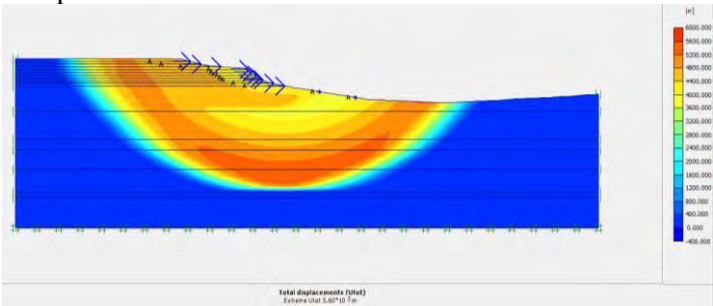
Tabel 4.128 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 2 ruas B2

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 60%	0.5	190.734	0.000	5865.000	0.219
2	Inisial	1	82.000	2.700	12875.715	0.218
3	wetting 50%	1.5	147.213	0.000	5865.000	0.219
4	wetting 60%	2	130.206	0.000	5865.000	0.218
5	wetting 70%	2.5	116.939	0.000	5865.000	0.218
6	wetting 80%	3	93.202	0.000	5865.000	0.218
7	wetting 90%	3.5	82.711	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 100%	4	60.213	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 100%	4.5	60.213	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 100%	5	60.213	0.000	5865.000	0.218

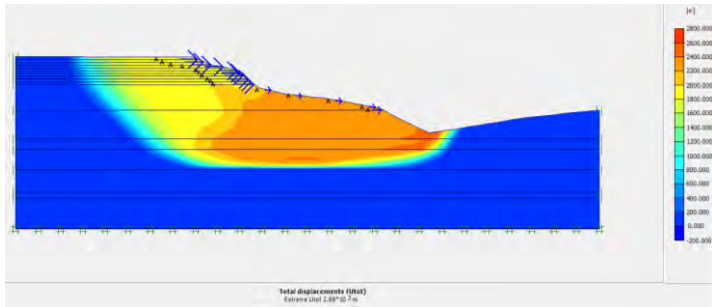
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 2 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 2 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.217 dan gambar 4.218 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 2. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.0935 pada ruas B1 dan SF = 1.0342 pada ruas B2.

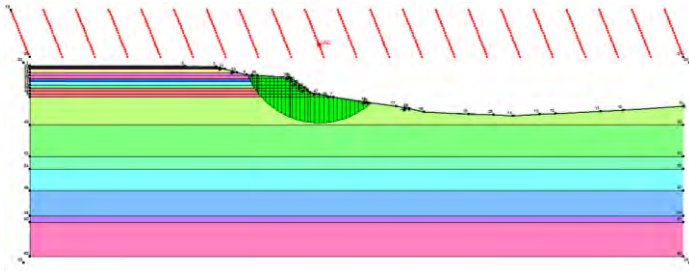


Gambar 4.217 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 2 pada ruas B1 (SF= 1.0935)

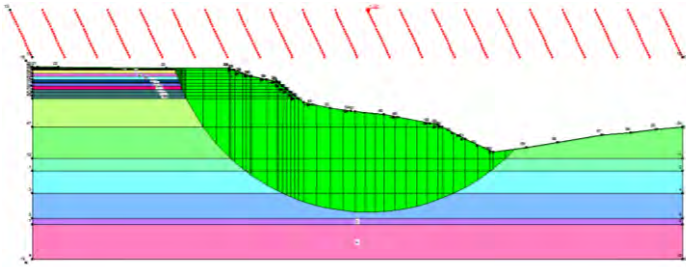


Gambar 4.218 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 2 pada ruas B2 (SF= 1.0342)

Gambar 4.219 dan gambar 4.220 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 2. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.521 pada ruas B1 dan SF = 1.320 pada ruas B2.



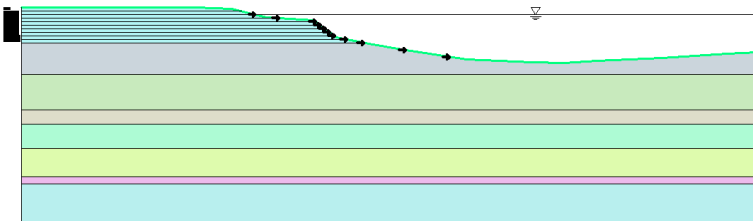
Gambar 4.219 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 2 pada ruas B1 (SF= 1.521)



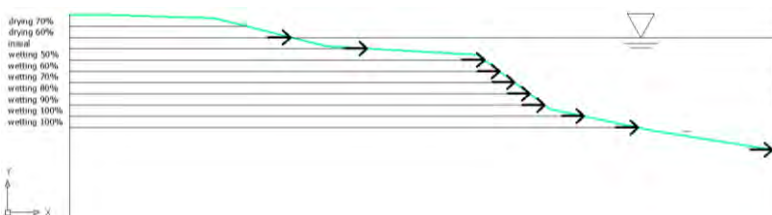
Gambar 4.220 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 2 pada ruas B2 (SF= 1.320)

4.7.3 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 3

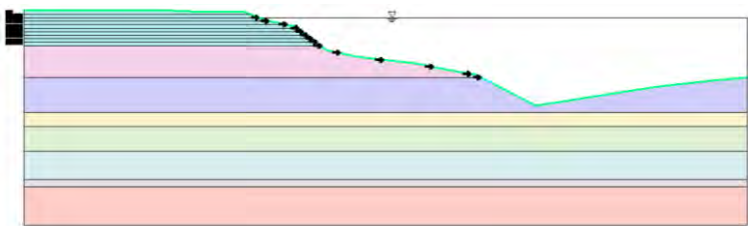
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 3, muka air berada pada kedalaman 7 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 12.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.221 sampai dengan gambar 4.224



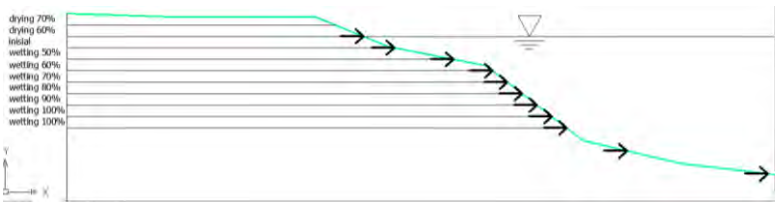
Gambar 4.221 Kondisi 3 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 7 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.222 Detail *drying-wetting* kondisi 3 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.223 Kondisi 3 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 12.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.224 Detail *drying-wetting* kondisi 3 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* ruas B2

Tabel 4.129 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 3 ruas B1

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 70%	0.5	17.230	13.612	18.771
2	drying 60%	1	17.423	13.578	18.754
3	Inisial	1.5	17.607	13.543	18.735
4	wetting 50%	2	17.551	13.486	18.706
5	wetting 60%	2.5	17.760	13.460	18.692
6	wetting 70%	3	17.982	13.444	18.683
7	wetting 80%	3.5	18.182	13.413	18.665
8	wetting 90%	4	18.394	13.391	18.652
9	wetting 100%	4.5	18.610	13.373	18.646
10	wetting 100%	5	18.610	13.373	18.646

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.130 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 3 ruas B1

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 70%	0.5	84.857	0.000	5865.000	0.219
2	drying 60%	1	73.728	0.000	5865.000	0.219
3	Inisial	1.5	126.400	3.831	9512.117	0.218
4	wetting 50%	2	83.467	0.000	5865.000	0.218
5	wetting 60%	2.5	77.733	0.000	5865.000	0.217
6	wetting 70%	3	69.733	0.000	5865.000	0.217
7	wetting 80%	3.5	52.333	0.000	5865.000	0.217
8	wetting 90%	4	36.067	0.000	5865.000	0.216
9	wetting 100%	4.5	25.733	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 100%	5	25.733	0.000	5865.000	0.216

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.131 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 3 ruas B2

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 70%	0.5	16.915	13.847	18.819
2	drying 60%	1	17.092	13.750	18.764
3	Inisial	1.5	17.099	13.682	18.727
4	wetting 50%	2	17.211	13.625	18.745
5	wetting 60%	2.5	17.498	13.595	18.728
6	wetting 70%	3	17.704	13.560	18.730
7	wetting 80%	3.5	17.936	13.543	18.728
8	wetting 90%	4	18.207	13.528	18.735
9	wetting 100%	4.5	18.472	13.517	18.717
10	wetting 100%	5	18.472	13.517	18.717

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

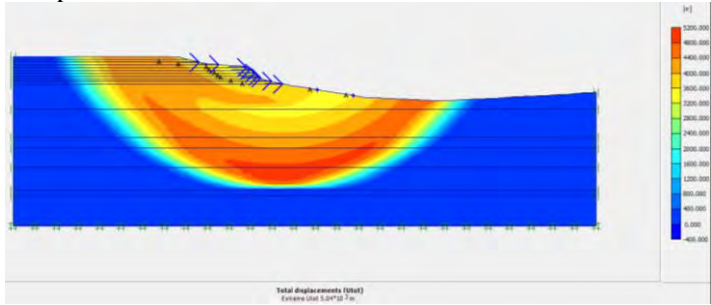
Tabel 4.132 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 3 ruas B2

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 70%	0.5	208.231	0.000	5865.000	0.220
2	drying 60%	1	190.734	0.000	5865.000	0.219
3	Inisial	1.5	82.000	2.700	12875.715	0.218
4	wetting 50%	2	147.213	0.000	5865.000	0.219
5	wetting 60%	2.5	130.206	0.000	5865.000	0.218
6	wetting 70%	3	116.939	0.000	5865.000	0.218
7	wetting 80%	3.5	93.202	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 90%	4	82.711	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 100%	4.5	60.213	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 100%	5	60.213	0.000	5865.000	0.218

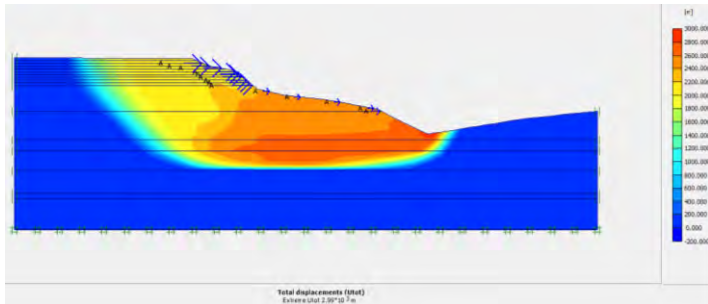
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 3 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 3 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.225 dan gambar 4.226 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 3. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.108 pada ruas B1 dan SF = 1.0372 pada ruas B2.

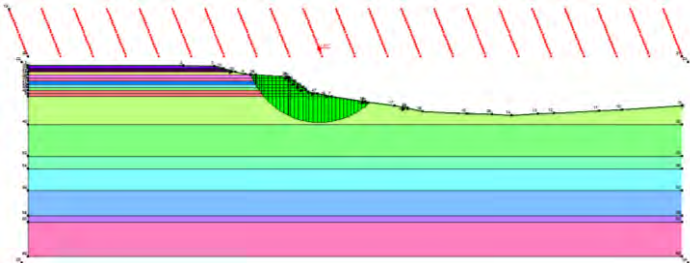


Gambar 4.225 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 3 pada ruas B1 (SF=1.108)

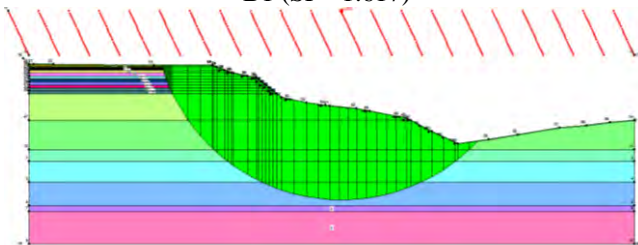


Gambar 4.226 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 3 pada ruas B2 (SF= 1.0372)

Gambar 4.227 dan gambar 4.228 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 3. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.617 pada ruas B1 dan SF = 1.365 pada ruas B2.



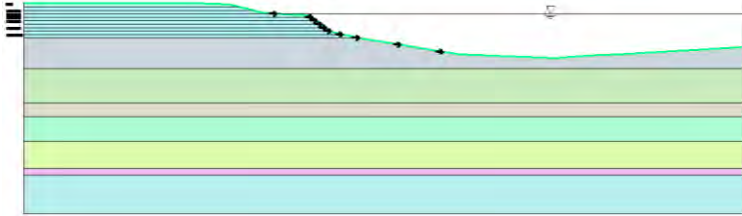
Gambar 4.227 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 3 pada ruas B1 (SF= 1.617)



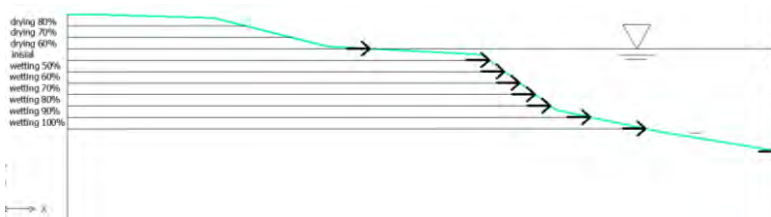
Gambar 4.228 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 3 pada ruas B2 (SF= 1.365)

4.7.4 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 4

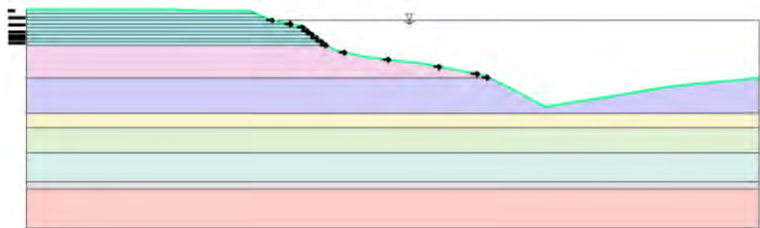
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 4, muka air berada pada kedalaman 6.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 12 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.229 sampai dengan gambar 4.232



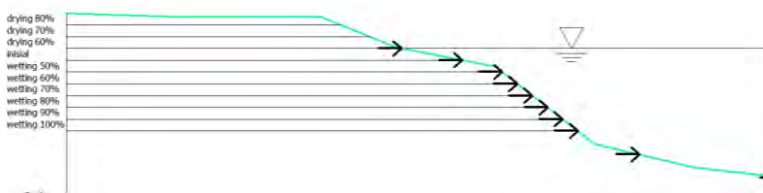
Gambar 4.229 Kondisi 4 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 6.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.230 Detail *drying-wetting* kondisi 4 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.231 Kondisi 4 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 12 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.232 Detail *drying-wetting* kondisi 4 Tanah Natural + 10 % Fly ash ruas B2

Tabel 4.133 Data parameter fisis tanah natural + fly ash untuk kondisi 4 ruas B1

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 80%	0.5	17.004	13.633	18.780
2	drying 70%	1	17.230	13.612	18.771
3	drying 60%	1.5	17.423	13.578	18.754
4	Inisial	2	17.607	13.543	18.735
5	wetting 50%	2.5	17.551	13.486	18.706
6	wetting 60%	3	17.760	13.460	18.692
7	wetting 70%	3.5	17.982	13.444	18.683
8	wetting 80%	4	18.182	13.413	18.665
9	wetting 90%	4.5	18.394	13.391	18.652
10	wetting 100%	5	18.610	13.373	18.646

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.134 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 4 ruas B1

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 80%	0.5	100.502	0.000	5865.000	0.220
2	drying 70%	1	84.857	0.000	5865.000	0.219
3	drying 60%	1.5	73.728	0.000	5865.000	0.219
4	Inisial	2	126.400	3.831	9512.117	0.218
5	wetting 50%	2.5	83.467	0.000	5865.000	0.218
6	wetting 60%	3	77.733	0.000	5865.000	0.217
7	wetting 70%	3.5	69.733	0.000	5865.000	0.217
8	wetting 80%	4	52.333	0.000	5865.000	0.217
9	wetting 90%	4.5	36.067	0.000	5865.000	0.216
10	wetting 100%	5	25.733	0.000	5865.000	0.216

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.135 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 4 ruas B2

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 80%	0.5	16.722	13.943	18.869
2	drying 70%	1	16.915	13.847	18.819
3	drying 60%	1.5	17.092	13.750	18.764
4	Inisial	2	17.099	13.682	18.727
5	wetting 50%	2.5	17.211	13.625	18.745
6	wetting 60%	3	17.498	13.595	18.728
7	wetting 70%	3.5	17.704	13.560	18.730
8	wetting 80%	4	17.936	13.543	18.728
9	wetting 90%	4.5	18.207	13.528	18.735
10	wetting 100%	5	18.472	13.517	18.717

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

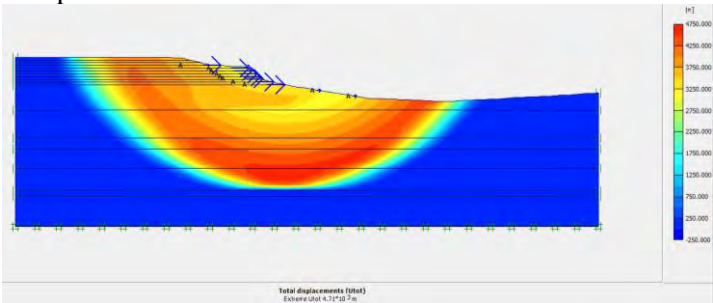
Tabel 4.136 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 4 ruas B2

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 80%	0.5	228.739	0.000	5865.000	0.222
2	drying 70%	1	208.231	0.000	5865.000	0.220
3	drying 60%	1.5	190.734	0.000	5865.000	0.219
4	Inisial	2	82.000	2.700	12875.715	0.218
5	wetting 50%	2.5	147.213	0.000	5865.000	0.219
6	wetting 60%	3	130.206	0.000	5865.000	0.218
7	wetting 70%	3.5	116.939	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 80%	4	93.202	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 90%	4.5	82.711	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 100%	5	60.213	0.000	5865.000	0.218

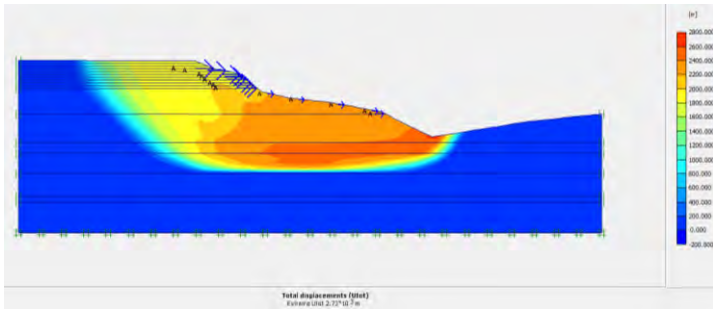
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 4 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 4 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.233 dan gambar 4.234 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 4. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1263 pada ruas B1 dan SF = 1.0413 pada ruas B2.

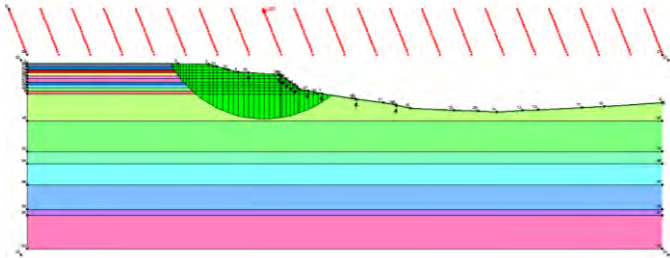


Gambar 4.233 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 4 pada ruas B1 (SF= 1.1263)

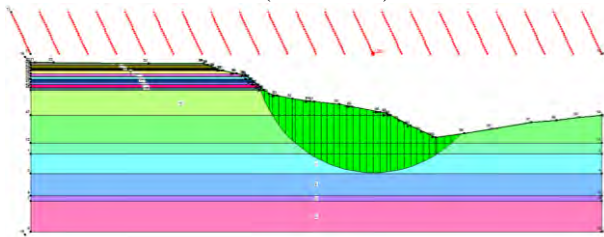


Gambar 4.234 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 4 pada ruas B2 (SF= 1.0413)

Gambar 4.235 dan gambar 4.236 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 4. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.749 pada ruas B1 dan SF = 1.393 pada ruas B2.



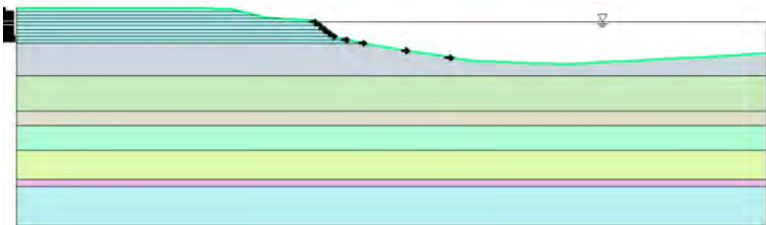
Gambar 4.235 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 4 pada ruas B1 (SF= 1.749)



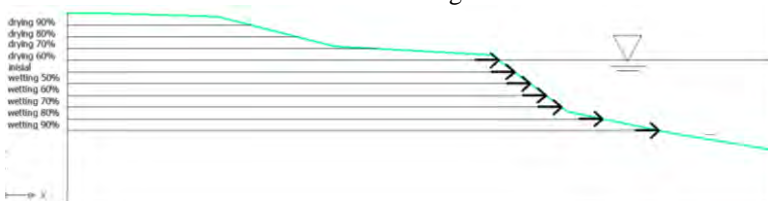
Gambar 4.236 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 4 pada ruas B2 (SF= 1.393)

4.7.5 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 5

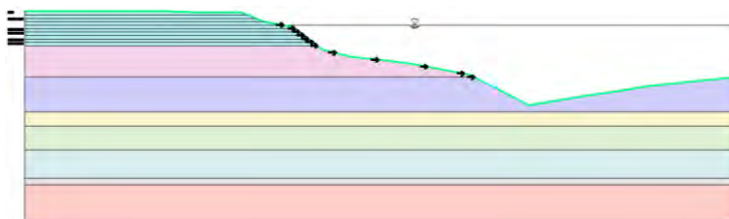
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 5, muka air berada pada kedalaman 6 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.237 sampai dengan gambar 4.240



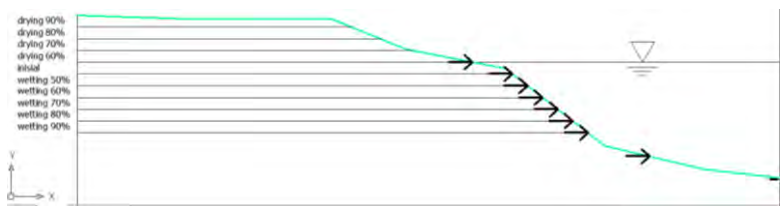
Gambar 4.237 Kondisi 5 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 6 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.238 Detail *drying-wetting* kondisi 5 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.239 Kondisi 5 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 11.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.240 Detail *drying-wetting* kondisi 5 Tanah Natural + 10 %
Fly ash ruas B2

Tabel 4.137 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 5
ruas B1

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 90%	0.5	16.793	13.662	18.793
2	drying 80%	1	17.004	13.633	18.780
3	drying 70%	1.5	17.230	13.612	18.771
4	drying 60%	2	17.423	13.578	18.754
5	Inisial	2.5	17.607	13.543	18.735
6	wetting 50%	3	17.551	13.486	18.706
7	wetting 60%	3.5	17.760	13.460	18.692
8	wetting 70%	4	17.982	13.444	18.683
9	wetting 80%	4.5	18.182	13.413	18.665
10	wetting 90%	5	18.394	13.391	18.652

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.138 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 5 ruas B1

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 90%	0.5	124.012	0.000	5865.000	0.220
2	drying 80%	1	100.502	0.000	5865.000	0.220
3	drying 70%	1.5	84.857	0.000	5865.000	0.219
4	drying 60%	2	73.728	0.000	5865.000	0.219
5	Inisial	2.5	126.400	3.831	9512.117	0.218
6	wetting 50%	3	83.467	0.000	5865.000	0.218
7	wetting 60%	3.5	77.733	0.000	5865.000	0.217
8	wetting 70%	4	69.733	0.000	5865.000	0.217
9	wetting 80%	4.5	52.333	0.000	5865.000	0.217
10	wetting 90%	5	36.067	0.000	5865.000	0.216

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.139 Data parameter fisis untuk kondisi 5 ruas B2

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 90%	0.5	16.512	14.006	18.903
2	drying 80%	1	16.722	13.943	18.869
3	drying 70%	1.5	16.915	13.847	18.819
4	drying 60%	2	17.092	13.750	18.764
5	Inisial	2.5	17.099	13.682	18.727
6	wetting 50%	3	17.211	13.625	18.745
7	wetting 60%	3.5	17.498	13.595	18.728
8	wetting 70%	4	17.704	13.560	18.730
9	wetting 80%	4.5	17.936	13.543	18.728
10	wetting 90%	5	18.207	13.528	18.735

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

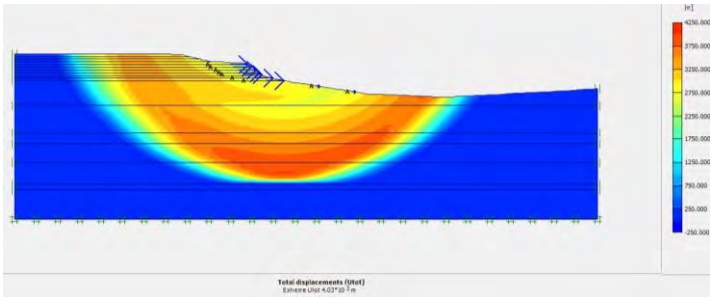
Tabel 4.140 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 5 ruas B2

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 90%	0.5	257.223	0.000	5865.000	0.223
2	drying 80%	1	228.739	0.000	5865.000	0.222
3	drying 70%	1.5	208.231	0.000	5865.000	0.220
4	drying 60%	2	190.734	0.000	5865.000	0.219
5	Inisial	2.5	82.000	2.700	12875.715	0.218
6	wetting 50%	3	147.213	0.000	5865.000	0.219
7	wetting 60%	3.5	130.206	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 70%	4	116.939	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 80%	4.5	93.202	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 90%	5	82.711	0.000	5865.000	0.218

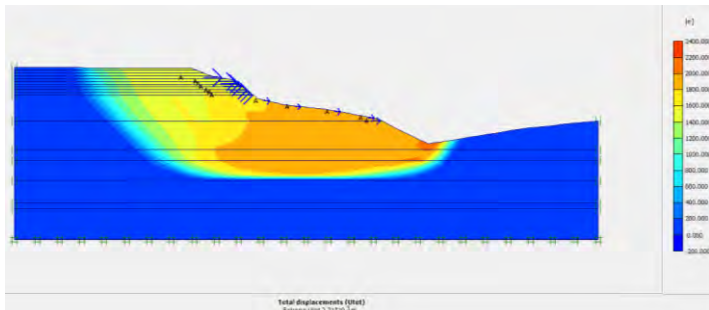
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 5 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 5 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.241 dan gambar 4.242 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 5. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1466 pada ruas B1 dan SF = 1.0428 pada ruas B2.

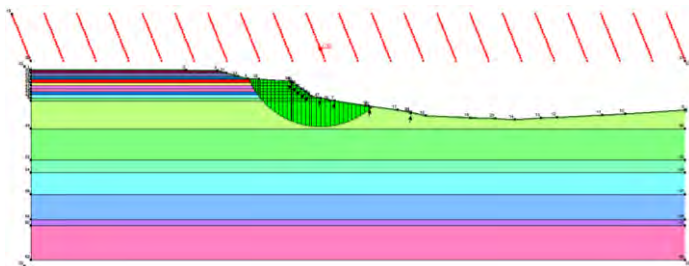


Gambar 4.241 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 5 pada ruas B1 (SF= 1.1466)

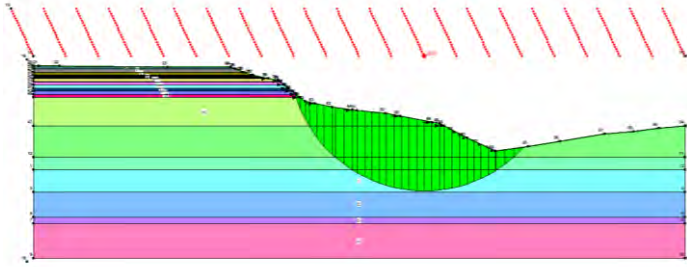


Gambar 4.242 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 5 pada ruas B2 (SF= 1.0428)

Gambar 4.243 dan gambar 4.244 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 5. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.887 pada ruas B1 dan SF = 1.413 pada ruas B2.



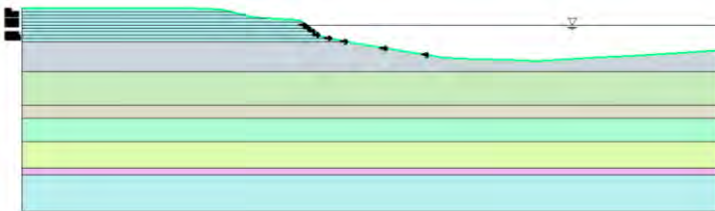
Gambar 4.243 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 5 pada ruas B1 (SF= 1.887)



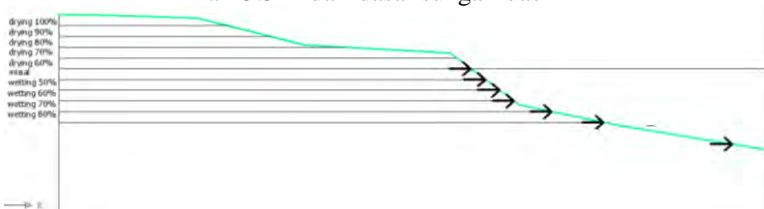
Gambar 4.244 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 5 pada ruas B2 (SF= 1.413)

4.7.6 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 6

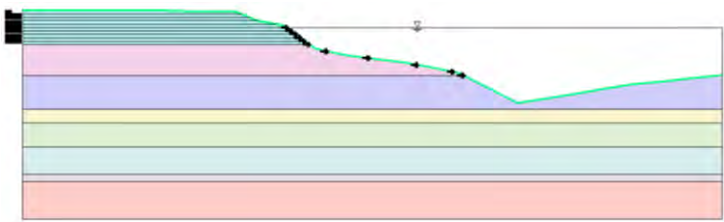
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 6, muka air berada pada kedalaman 5.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.245 sampai dengan gambar 4.248



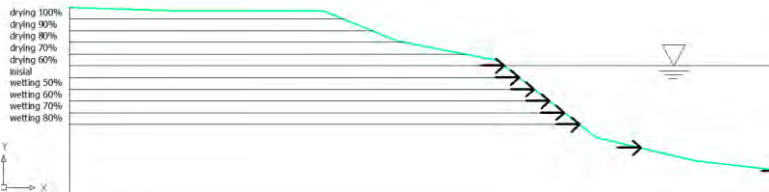
Gambar 4.245 Kondisi 6 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 5.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.246 Detail *drying-wetting* kondisi 6 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.247 Kondisi 6 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 11 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.248 Detail *drying-wetting* kondisi 6 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* ruas B2

Tabel 4.141 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 6 ruas B1

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 100%	0.5	16.584	13.686	18.804
2	drying 90%	1	16.793	13.662	18.793
3	drying 80%	1.5	17.004	13.633	18.780
4	drying 70%	2	17.230	13.612	18.771
5	drying 60%	2.5	17.423	13.578	18.754
6	Inisial	3	17.607	13.543	18.735
7	wetting 50%	3.5	17.551	13.486	18.706
8	wetting 60%	4	17.760	13.460	18.692
9	wetting 70%	4.5	17.982	13.444	18.683
10	wetting 80%	5	18.182	13.413	18.665

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.142 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 6 ruas B1

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
2	drying 90%	1	124.012	0.000	5865.000	0.220
3	drying 80%	1.5	100.502	0.000	5865.000	0.220
4	drying 70%	2	84.857	0.000	5865.000	0.219
5	drying 60%	2.5	73.728	0.000	5865.000	0.219
6	Inisial	3	126.400	3.831	9512.117	0.218
7	wetting 50%	3.5	83.467	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 60%	4	77.733	0.000	5865.000	0.217
9	wetting 70%	4.5	69.733	0.000	5865.000	0.217
10	wetting 80%	5	52.333	0.000	5865.000	0.217

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.143 Data parameter fisis untuk kondisi 6 ruas B2

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.317	14.082	18.938
2	drying 90%	1	16.512	14.006	18.903
3	drying 80%	1.5	16.722	13.943	18.869
4	drying 70%	2	16.915	13.847	18.819
5	drying 60%	2.5	17.092	13.750	18.764
6	Inisial	3	17.099	13.682	18.727
7	wetting 50%	3.5	17.211	13.625	18.745
8	wetting 60%	4	17.498	13.595	18.728
9	wetting 70%	4.5	17.704	13.560	18.730
10	wetting 80%	5	17.936	13.543	18.728

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

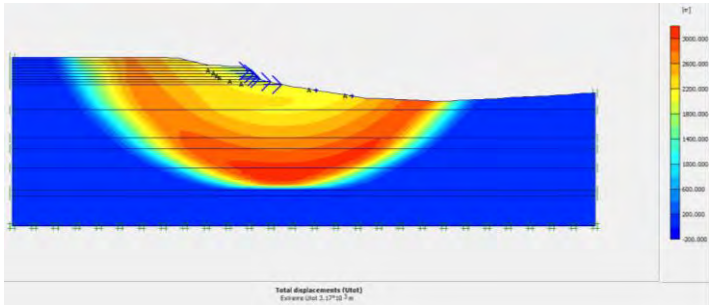
Tabel 4.144 Data parameter mekanis untuk kondisi 6 ruas B2

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
2	drying 90%	1	257.223	0.000	5865.000	0.223
3	drying 80%	1.5	228.739	0.000	5865.000	0.222
4	drying 70%	2	208.231	0.000	5865.000	0.220
5	drying 60%	2.5	190.734	0.000	5865.000	0.219
6	Inisial	3	82.000	2.700	12875.715	0.218
7	wetting 50%	3.5	147.213	0.000	5865.000	0.219
8	wetting 60%	4	130.206	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 70%	4.5	116.939	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 80%	5	93.202	0.000	5865.000	0.218

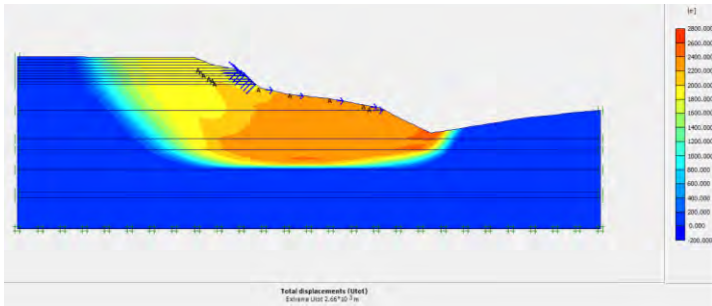
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 6 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 6 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.249 dan gambar 4.250 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 6. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1597 pada ruas B1 dan SF = 1.0454 pada ruas B2.

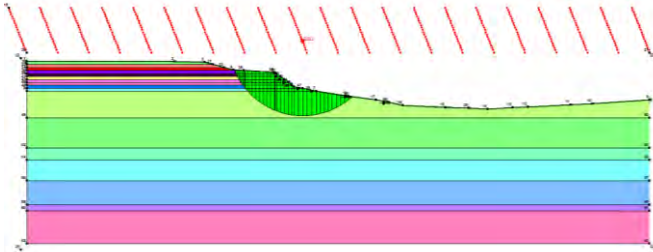


Gambar 4.249 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 6 pada ruas B1 (SF= 1.1597)

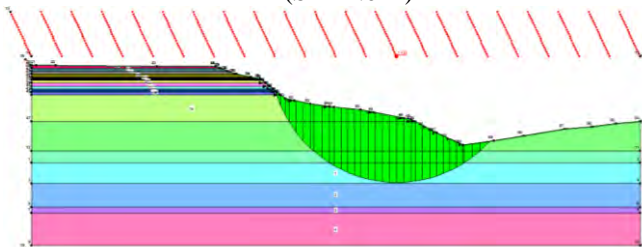


Gambar 4.250 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 6 pada ruas B2 (SF= 1.0454)

Gambar 4.251 dan gambar 4.252 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 6. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 2.041 pada ruas B1 dan SF = 1.428 pada ruas B2.



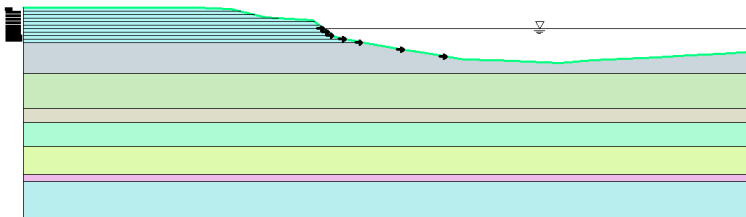
Gambar 4.251 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 6 pada ruas B1 (SF= 2.041)



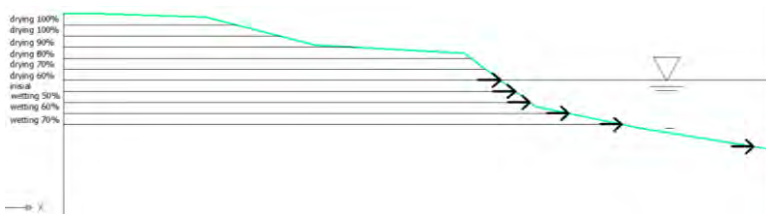
Gambar 4.252 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 6 pada ruas B2 (SF= 1.428)

4.7.7 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 7

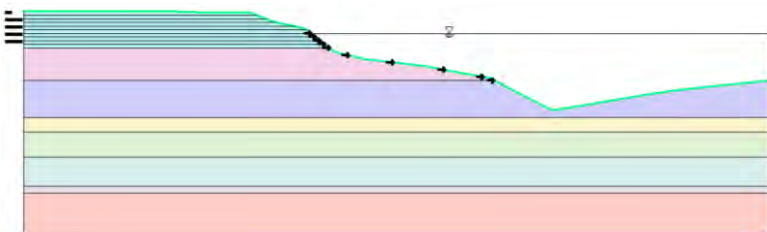
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 7, muka air berada pada kedalaman 5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.253 sampai dengan gambar 4.256



Gambar 4.253 Kondisi 7 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.254 Detail *drying-wetting* kondisi 7 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.255 Kondisi 7 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 10.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.256 Detail *drying-wetting* kondisi 7 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* ruas B2

Tabel 4.145 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 7 ruas B1

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 100%	0.5	16.584	13.686	18.804
2	drying 100%	1	16.584	13.686	18.804
3	drying 90%	1.5	16.793	13.662	18.793
4	drying 80%	2	17.004	13.633	18.780
5	drying 70%	2.5	17.230	13.612	18.771
6	drying 60%	3	17.423	13.578	18.754
7	Inisial	3.5	17.607	13.543	18.735
8	wetting 50%	4	17.551	13.486	18.706
9	wetting 60%	4.5	17.760	13.460	18.692
10	wetting 70%	5	17.982	13.444	18.683

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.146 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 7 ruas B1

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
2	drying 100%	1	178.513	0.000	5865.000	0.220
3	drying 90%	1.5	124.012	0.000	5865.000	0.220
4	drying 80%	2	100.502	0.000	5865.000	0.220
5	drying 70%	2.5	84.857	0.000	5865.000	0.219
6	drying 60%	3	73.728	0.000	5865.000	0.219
7	Inisial	3.5	126.400	3.831	9512.117	0.218
8	wetting 50%	4	83.467	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 60%	4.5	77.733	0.000	5865.000	0.217
10	wetting 70%	5	69.733	0.000	5865.000	0.217

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.147 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 7 ruas B2

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.317	14.082	18.938
2	drying 100%	1	16.317	14.082	18.938
3	drying 90%	1.5	16.512	14.006	18.903
4	drying 80%	2	16.722	13.943	18.869
5	drying 70%	2.5	16.915	13.847	18.819
6	drying 60%	3	17.092	13.750	18.764
7	Inisial	3.5	17.099	13.682	18.727
8	wetting 50%	4	17.211	13.625	18.745
9	wetting 60%	4.5	17.498	13.595	18.728
10	wetting 70%	5	17.704	13.560	18.730

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

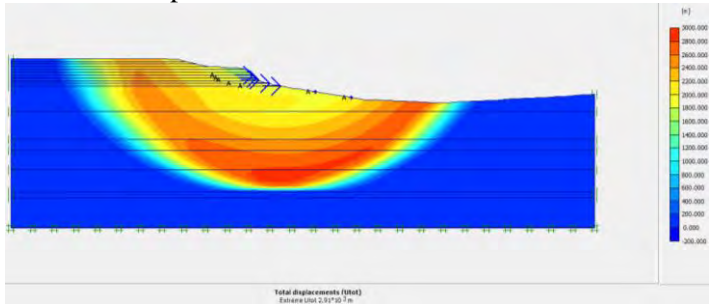
Tabel 4.148 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 7 ruas B2

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
2	drying 100%	1	267.960	0.000	5865.000	0.223
3	drying 90%	1.5	257.223	0.000	5865.000	0.223
4	drying 80%	2	228.739	0.000	5865.000	0.222
5	drying 70%	2.5	208.231	0.000	5865.000	0.220
6	drying 60%	3	190.734	0.000	5865.000	0.219
7	Inisial	3.5	82.000	2.700	12875.715	0.218
8	wetting 50%	4	147.213	0.000	5865.000	0.219
9	wetting 60%	4.5	130.206	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 70%	5	116.939	0.000	5865.000	0.218

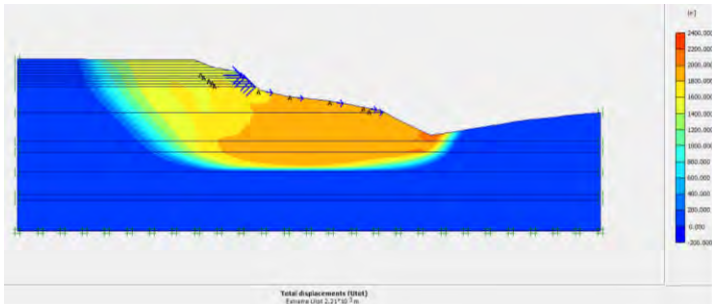
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 7 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 7 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.257 dan gambar 4.258 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 7. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1774 pada ruas B1 dan SF = 1.0494 pada ruas B2.

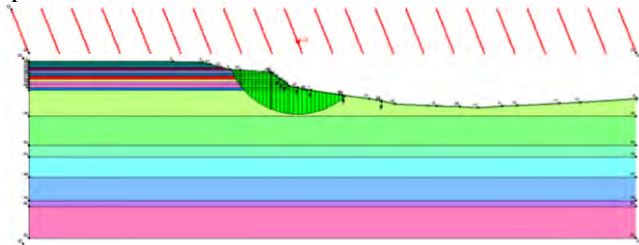


Gambar 4.257 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 7 pada ruas B1 (SF= 1.1774)

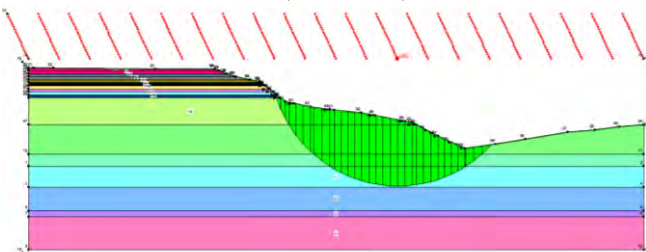


Gambar 4.258 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 7 pada ruas B2 (SF= 1.0494)

Gambar 4.259 dan gambar 4.260 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 7. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 2.207 pada ruas B1 dan SF = 1.450 pada ruas B2.



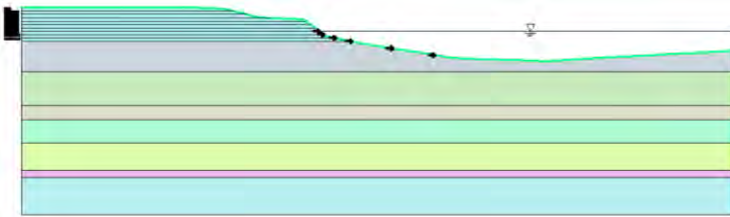
Gambar 4.259 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 7 pada ruas B1 (SF= 2.207)



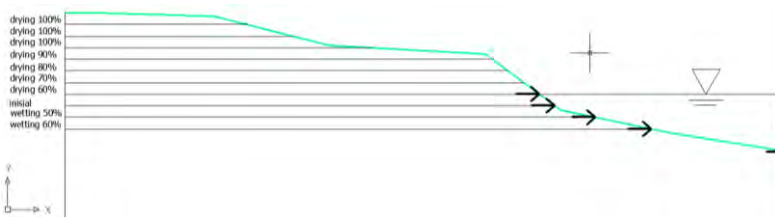
Gambar 4.260 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 7 pada ruas B2 (SF= 1.450)

4.7.8 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 8

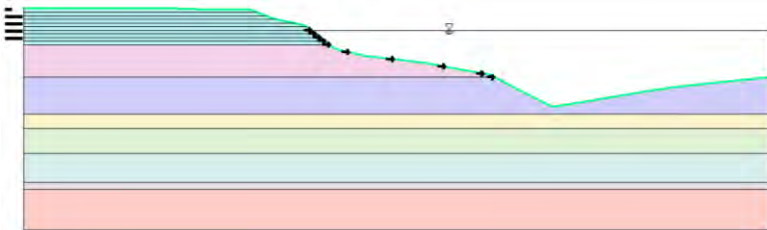
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 8, muka air berada pada kedalaman 4.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.261 sampai dengan gambar 4.264



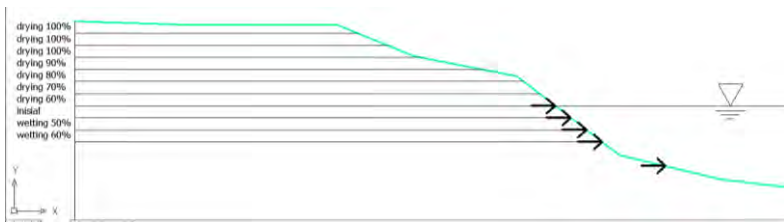
Gambar 4.261 Kondisi 8 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 4.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.262 Detail *drying-wetting* kondisi 8 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.263 Kondisi 8 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 10 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.264 Detail *drying-wetting* kondisi 8 Tanah Natural + 10 %
Fly ash ruas B2

Tabel 4.149 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 8
ruas B1

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 100%	0.5	16.584	13.686	18.804
2	drying 100%	1	16.584	13.686	18.804
3	drying 100%	1.5	16.584	13.686	18.804
4	drying 90%	2	16.793	13.662	18.793
5	drying 80%	2.5	17.004	13.633	18.780
6	drying 70%	3	17.230	13.612	18.771
7	drying 60%	3.5	17.423	13.578	18.754
8	Inisial	4	17.607	13.543	18.735
9	wetting 50%	4.5	17.551	13.486	18.706
10	wetting 60%	5	17.760	13.460	18.692

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.150 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 8 ruas B1

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
2	drying 100%	1	178.513	0.000	5865.000	0.220
3	drying 100%	1.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
4	drying 90%	2	124.012	0.000	5865.000	0.220
5	drying 80%	2.5	100.502	0.000	5865.000	0.220
6	drying 70%	3	84.857	0.000	5865.000	0.219
7	drying 60%	3.5	73.728	0.000	5865.000	0.219
8	Inisial	4	126.400	3.831	9512.117	0.218
9	wetting 50%	4.5	83.467	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 60%	5	77.733	0.000	5865.000	0.217

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.151 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 8 ruas B2

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.317	14.082	18.938
2	drying 100%	1	16.317	14.082	18.938
3	drying 100%	1.5	16.317	14.082	18.938
4	drying 90%	2	16.512	14.006	18.903
5	drying 80%	2.5	16.722	13.943	18.869
6	drying 70%	3	16.915	13.847	18.819
7	drying 60%	3.5	17.092	13.750	18.764
8	Inisial	4	17.099	13.682	18.727
9	wetting 50%	4.5	17.211	13.625	18.745
10	wetting 60%	5	17.498	13.595	18.728

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

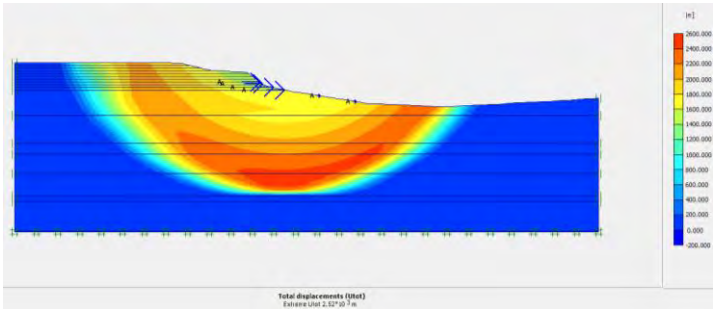
Tabel 4.152 Data parameter mekanis untuk kondisi 8 ruas B2

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
2	drying 100%	1	267.960	0.000	5865.000	0.223
3	drying 100%	1.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
4	drying 90%	2	257.223	0.000	5865.000	0.223
5	drying 80%	2.5	228.739	0.000	5865.000	0.222
6	drying 70%	3	208.231	0.000	5865.000	0.220
7	drying 60%	3.5	190.734	0.000	5865.000	0.219
8	Inisial	4	82.000	2.700	12875.715	0.218
9	wetting 50%	4.5	147.213	0.000	5865.000	0.219
10	wetting 60%	5	130.206	0.000	5865.000	0.218

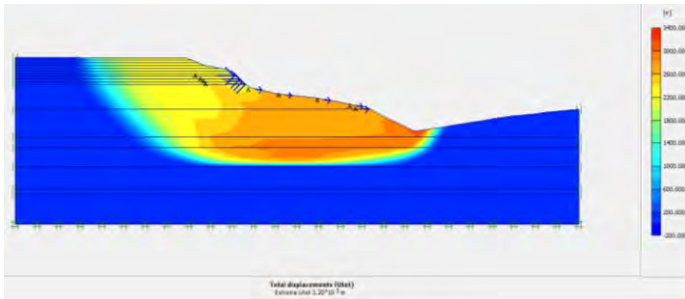
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 8 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 8 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.265 dan gambar 4.266 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 8. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1867 pada ruas B1 dan SF = 1.054 pada ruas B2.

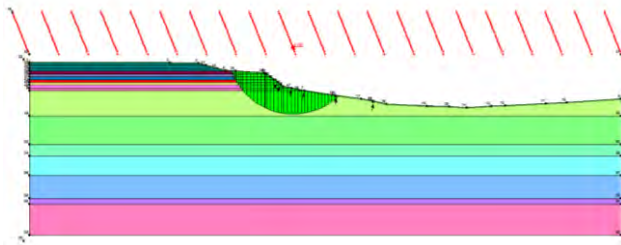


Gambar 4.265 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 8 pada ruas B1 (SF= 1.1867)

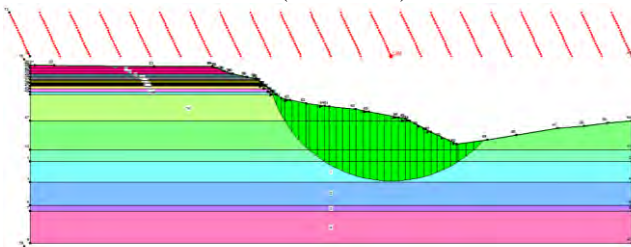


Gambar 4.266 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 8 pada ruas B2 (SF= 1.054)

Gambar 4.267 dan gambar 4.268 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 8. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 2.392 pada ruas B1 dan SF = 1.465 pada ruas B2.



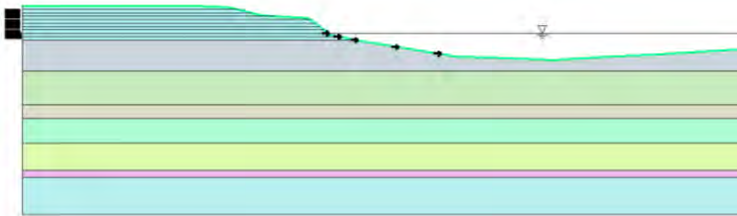
Gambar 4.267 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 8 pada ruas B1 (SF= 2.392)



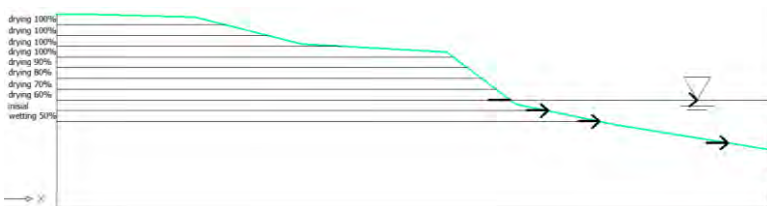
Gambar 4.268 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 8 pada ruas B2 (SF= 1.465)

4.7.9 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 9

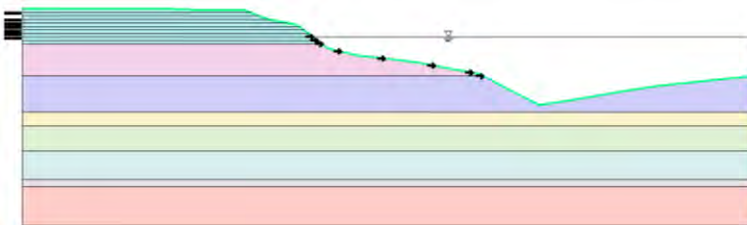
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 9, muka air berada pada kedalaman 4 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.269 sampai dengan gambar 4.272



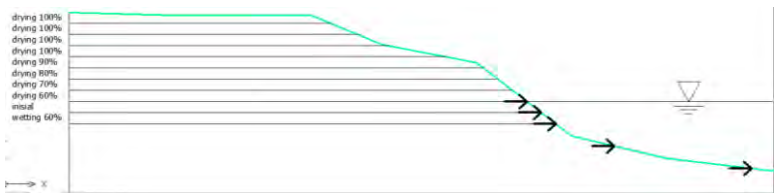
Gambar 4.269 Kondisi 9 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 4 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.270 Detail *drying-wetting* kondisi 9 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.271 Kondisi 9 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 9.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.272 Detail *drying-wetting* kondisi 9 Tanah Natural + 10 % Fly ash ruas B2

Tabel 4.153 Data parameter fisis tanah natural + fly ash untuk kondisi 9 ruas B1

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 100%	0.5	16.584	13.686	18.804
2	drying 100%	1	16.584	13.686	18.804
3	drying 100%	1.5	16.584	13.686	18.804
4	drying 100%	2	16.584	13.686	18.804
5	drying 90%	2.5	16.793	13.662	18.793
6	drying 80%	3	17.004	13.633	18.780
7	drying 70%	3.5	17.230	13.612	18.771
8	drying 60%	4	17.423	13.578	18.754
9	Inisial	4.5	17.607	13.543	18.735
10	wetting 50%	5	17.551	13.486	18.706

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.154 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 9 ruas B1

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
2	drying 100%	1	178.513	0.000	5865.000	0.220
3	drying 100%	1.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
4	drying 100%	2	178.513	0.000	5865.000	0.220
5	drying 90%	2.5	124.012	0.000	5865.000	0.220
6	drying 80%	3	100.502	0.000	5865.000	0.220
7	drying 70%	3.5	84.857	0.000	5865.000	0.219
8	drying 60%	4	73.728	0.000	5865.000	0.219
9	Inisial	4.5	126.400	3.831	9512.117	0.218
10	wetting 50%	5	83.467	0.000	5865.000	0.218

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.155 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 9 ruas B2

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.317	14.082	18.938
2	drying 100%	1	16.317	14.082	18.938
3	drying 100%	1.5	16.317	14.082	18.938
4	drying 100%	2	16.317	14.082	18.938
5	drying 90%	2.5	16.512	14.006	18.903
6	drying 80%	3	16.722	13.943	18.869
7	drying 70%	3.5	16.915	13.847	18.819
8	drying 60%	4	17.092	13.750	18.764
9	Inisial	4.5	17.099	13.682	18.727
10	wetting 50%	5	17.211	13.625	18.745

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

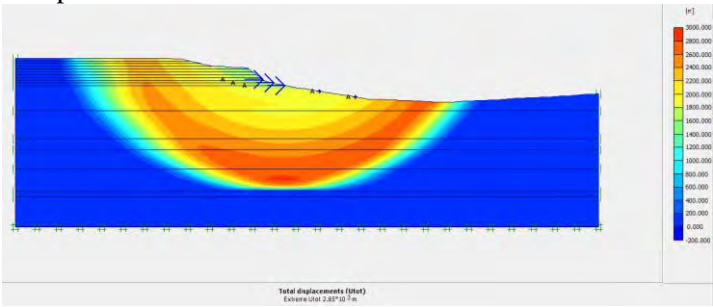
Tabel 4.156 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 9 ruas B2

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
2	drying 100%	1	267.960	0.000	5865.000	0.223
3	drying 100%	1.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
4	drying 100%	2	267.960	0.000	5865.000	0.223
5	drying 90%	2.5	257.223	0.000	5865.000	0.223
6	drying 80%	3	228.739	0.000	5865.000	0.222
7	drying 70%	3.5	208.231	0.000	5865.000	0.220
8	drying 60%	4	190.734	0.000	5865.000	0.219
9	Inisial	4.5	82.000	2.700	12875.715	0.218
10	wetting 50%	5	147.213	0.000	5865.000	0.219

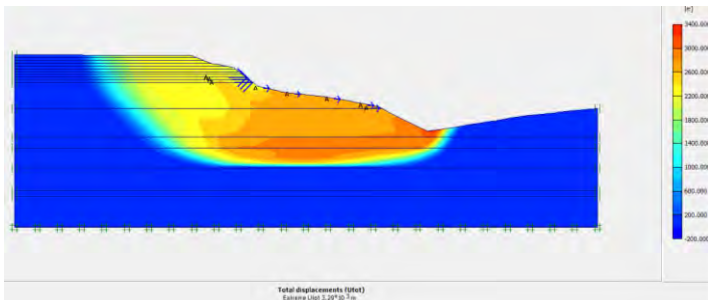
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 9 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 9 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.273 dan gambar 4.274 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 9. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1953 pada ruas B1 dan SF = 1.0592 pada ruas B2.

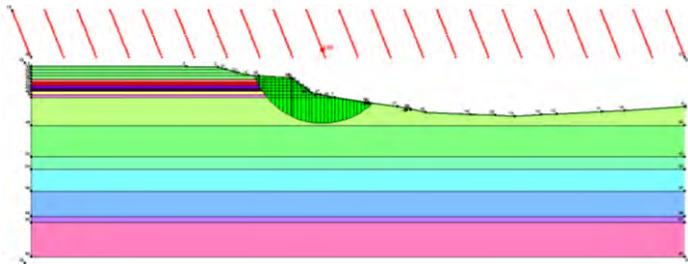


Gambar 4.273 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 9 pada ruas B1 (SF= 1.1953)

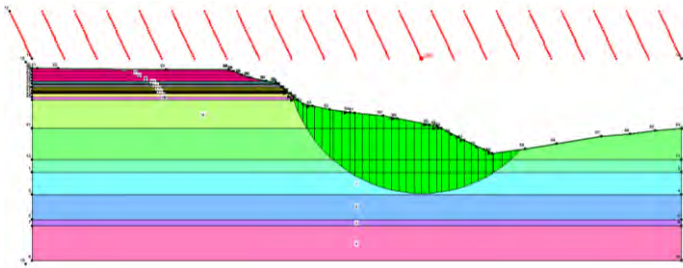


Gambar 4.274 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 9 pada ruas B2 (SF= 1.0592)

Gambar 4.275 dan gambar 4.276 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 9. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 2.688 pada ruas B1 dan SF = 1.457 pada ruas B2.



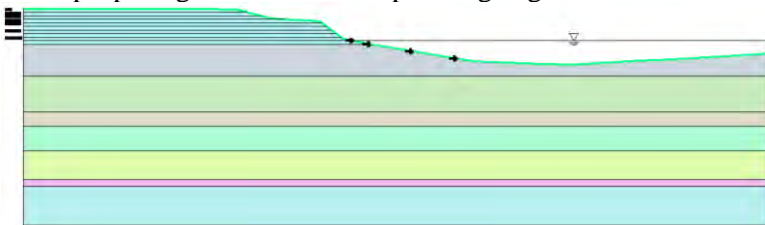
Gambar 4.275 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 9 pada ruas B1 (SF= 2.688)



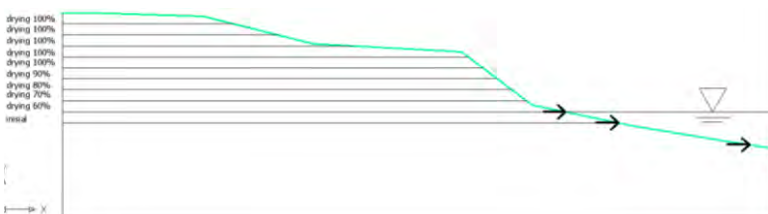
Gambar 4.276 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 9 pada ruas B2 (SF= 1.457)

4.7.10 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + *Fly ash* kondisi 10

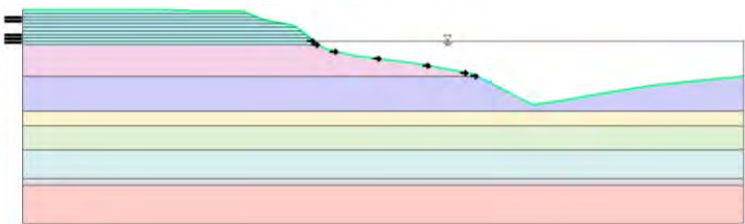
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + *fly ash* kondisi 10, muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.277 sampai dengan gambar 4.280



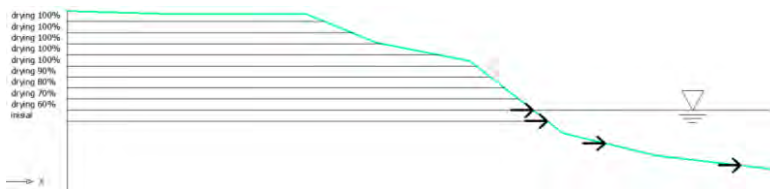
Gambar 4.277 Kondisi 10 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* dengan muka air 3.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.278 Detail *drying-wetting* kondisi 10 Tanah Natural + 15 % *Fly ash* ruas B1



Gambar 4.279 Kondisi 10 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* dengan muka air 9 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.280 Detail *drying-wetting* kondisi 10 Tanah Natural + 10 % *Fly ash* ruas B2

Tabel 4.157 Data parameter fisis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 10 ruas B1

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 100%	0.5	16.584	13.686	18.804
2	drying 100%	1	16.584	13.686	18.804
3	drying 100%	1.5	16.584	13.686	18.804
4	drying 100%	2	16.584	13.686	18.804
5	drying 100%	2.5	16.584	13.686	18.804
6	drying 90%	3	16.793	13.662	18.793
7	drying 80%	3.5	17.004	13.633	18.780
8	drying 70%	4	17.230	13.612	18.771
9	drying 60%	4.5	17.423	13.578	18.754
10	Inisial	5	17.607	13.543	18.735

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.158 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 10 ruas B1

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
2	drying 100%	1	178.513	0.000	5865.000	0.220
3	drying 100%	1.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
4	drying 100%	2	178.513	0.000	5865.000	0.220
5	drying 100%	2.5	178.513	0.000	5865.000	0.220
6	drying 90%	3	124.012	0.000	5865.000	0.220
7	drying 80%	3.5	100.502	0.000	5865.000	0.220
8	drying 70%	4	84.857	0.000	5865.000	0.219
9	drying 60%	4.5	73.728	0.000	5865.000	0.219
10	Inisial	5	126.400	3.831	9512.117	0.218

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.159 Data parameter fisis untuk kondisi 10 ruas B2

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	16.317	14.082	18.938
2	drying 100%	1	16.317	14.082	18.938
3	drying 100%	1.5	16.317	14.082	18.938
4	drying 100%	2	16.317	14.082	18.938
5	drying 100%	2.5	16.317	14.082	18.938
6	drying 90%	3	16.512	14.006	18.903
7	drying 80%	3.5	16.722	13.943	18.869
8	drying 70%	4	16.915	13.847	18.819
9	drying 60%	4.5	17.092	13.750	18.764
10	Inisial	5	17.099	13.682	18.727

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

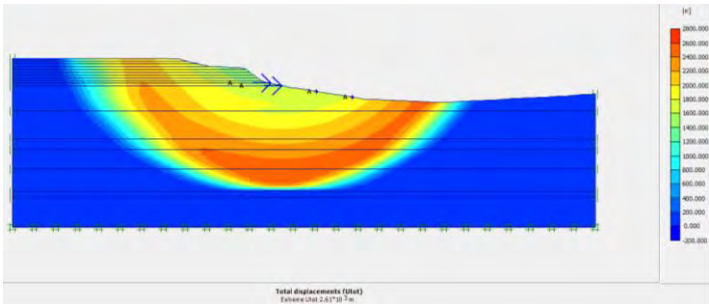
Tabel 4.160 Data parameter mekanis tanah natural + *fly ash* untuk kondisi 10 ruas B2

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
2	drying 100%	1	267.960	0.000	5865.000	0.223
3	drying 100%	1.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
4	drying 100%	2	267.960	0.000	5865.000	0.223
5	drying 100%	2.5	267.960	0.000	5865.000	0.223
6	drying 90%	3	257.223	0.000	5865.000	0.223
7	drying 80%	3.5	228.739	0.000	5865.000	0.222
8	drying 70%	4	208.231	0.000	5865.000	0.220
9	drying 60%	4.5	190.734	0.000	5865.000	0.219
10	Inisial	5	82.000	2.700	12875.715	0.218

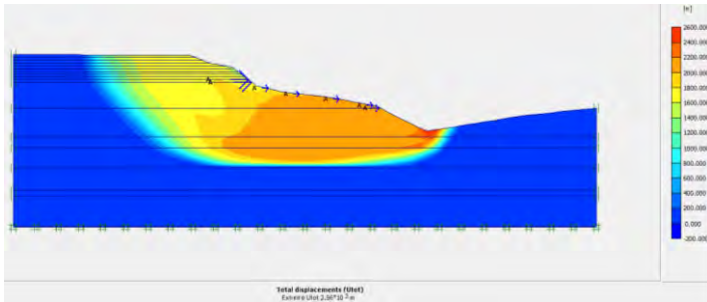
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 10 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 10 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.281 dan gambar 4.282 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 10. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.2017 pada ruas B1 dan SF = 1.0649 pada ruas B2.

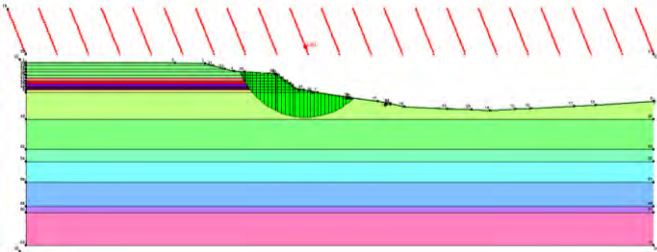


Gambar 4.281 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 10 pada ruas B1 (SF= 1.2017)

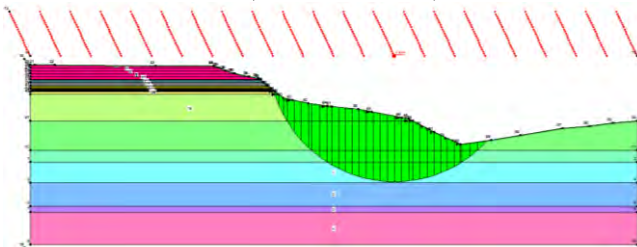


Gambar 4.282 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 10 pada ruas B2 (SF= 1.0649)

Gambar 4.283 dan gambar 4.284 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + *Fly ash* pada kondisi 10. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 3.005 pada ruas B1 dan SF = 1.434 pada ruas B2.



Gambar 4.283 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 10 pada ruas B1 (SF= 3.005 1.586)



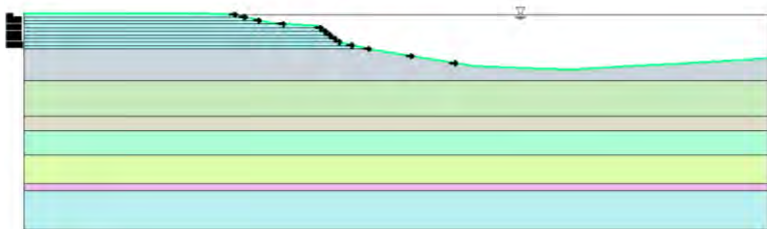
Gambar 4.284 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 10 pada ruas B2 (SF= 1.434)

4.8 Perhitungan Stabilitas Tanggul Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + Biobakteri

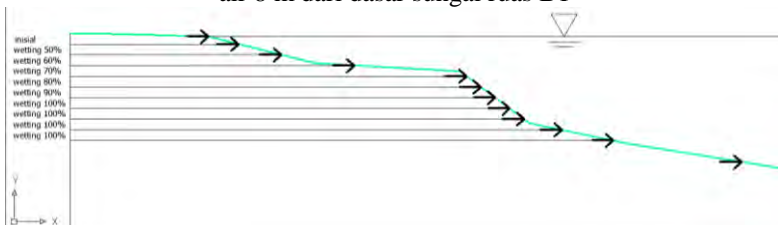
Perhitungan stabilitas tanggul akibat pembasahan dan pengeringan tanah natural + 5 % biobakteri untuk ruas B1 dan tanah natural + 7 % biobakteri untuk ruas B2 dimodelkan ke dalam 10 kondisi untuk tanah permukaan ($- 5$ m dari permukaan tanah), sedangkan untuk tanah kedalaman > 5 m, tidak dimodelkan mengalami pengeringan dan pembasahan sehingga data yang dipakai pada setiap kondisi sama sesuai dengan data pada subbab 4.2.

4.8.1 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 1

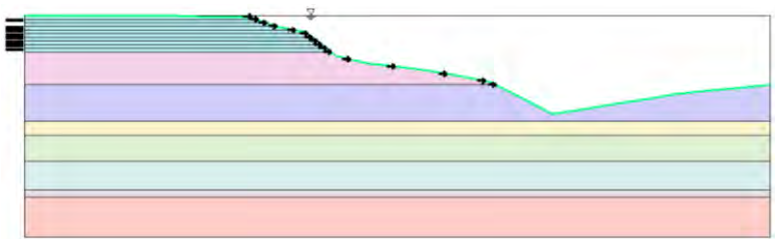
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 1, muka air berada pada kedalaman 8 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.285 sampai dengan gambar 4.288



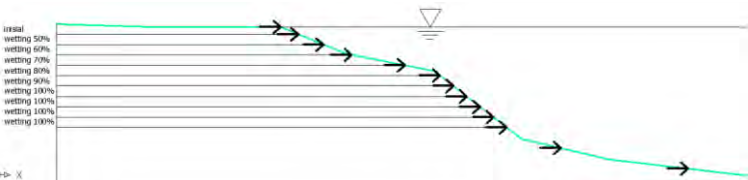
Gambar 4.285 Kondisi 1 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 8 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.286 Detail *drying-wetting* kondisi 1 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.287 Kondisi 1 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 13.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.288 Detail *drying-wetting* kondisi 1 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.161 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 1 ruas B1

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	Inisial	0.5	17.542	13.494	18.642
2	wetting 50%	1	17.544	13.420	18.597
3	wetting 60%	1.5	17.563	13.279	18.512
4	wetting 70%	2	17.579	13.149	18.433
5	wetting 80%	2.5	17.603	13.023	18.362
6	wetting 90%	3	17.675	12.935	18.309
7	wetting 100%	3.5	17.849	12.914	18.304
8	wetting 100%	4	17.849	12.914	18.304
9	wetting 100%	4.5	17.849	12.914	18.304
10	wetting 100%	5	17.849	12.914	18.304

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.162 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 1 ruas B1

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	Inisial	0.5	127.503	3.106	9276.909	0.216
2	wetting 50%	1	84.465	0.000	5865.000	0.215
3	wetting 60%	1.5	77.955	0.000	5865.000	0.213
4	wetting 70%	2	67.959	0.000	5865.000	0.211
5	wetting 80%	2.5	53.214	0.000	5865.000	0.209
6	wetting 90%	3	36.207	0.000	5865.000	0.208
7	wetting 100%	3.5	26.458	0.000	5865.000	0.208
8	wetting 100%	4	26.458	0.000	5865.000	0.208
9	wetting 100%	4.5	26.458	0.000	5865.000	0.208
10	wetting 100%	5	26.458	0.000	5865.000	0.208

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.163 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 1 ruas B2

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	Inisial	0.5	17.778	13.725	18.903
2	wetting 50%	1	17.745	13.675	18.878
3	wetting 60%	1.5	17.759	13.591	18.825
4	wetting 70%	2	17.998	13.588	18.823
5	wetting 80%	2.5	18.034	13.422	18.717
6	wetting 90%	3	18.092	13.219	18.588
7	wetting 100%	3.5	18.136	13.174	18.561
8	wetting 100%	4	18.136	13.174	18.561
9	wetting 100%	4.5	18.136	13.174	18.561
10	wetting 100%	5	18.136	13.174	18.561

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

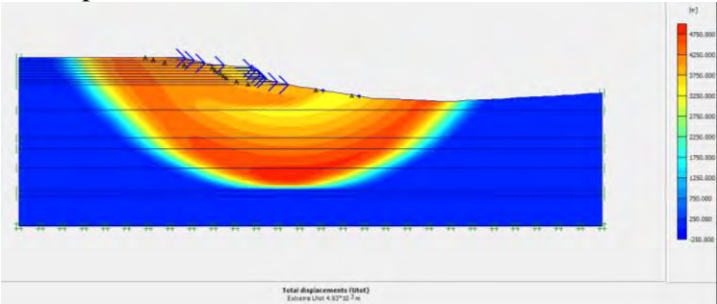
Tabel 4.164 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 1 ruas B2

Layer	Kondisi 1	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	Inisial	0.5	147.400	2.600	15660.630	0.223
2	wetting 50%	1	89.211	0.000	5865.000	0.222
3	wetting 60%	1.5	81.199	0.000	5865.000	0.221
4	wetting 70%	2	71.207	0.000	5865.000	0.221
5	wetting 80%	2.5	53.963	0.000	5865.000	0.218
6	wetting 90%	3	42.944	0.000	5865.000	0.215
7	wetting 100%	3.5	34.203	0.000	5865.000	0.214
8	wetting 100%	4	34.203	0.000	5865.000	0.214
9	wetting 100%	4.5	34.203	0.000	5865.000	0.214
10	wetting 100%	5	34.203	0.000	5865.000	0.214

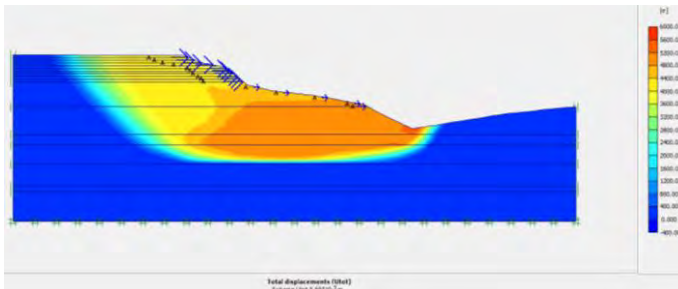
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 1 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 1 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.289 dan gambar 4.290 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 1. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1008 pada ruas B1 dan SF = 1.0106 pada ruas B2.

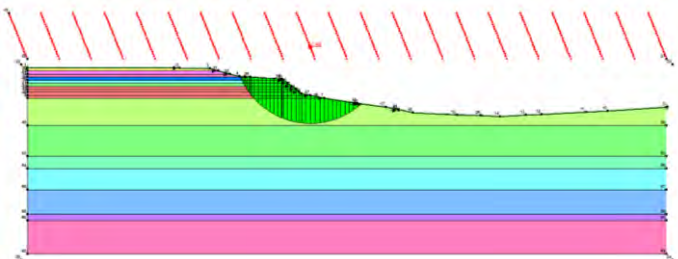


Gambar 4.289 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 1 pada ruas B1 (SF= 1.1008)

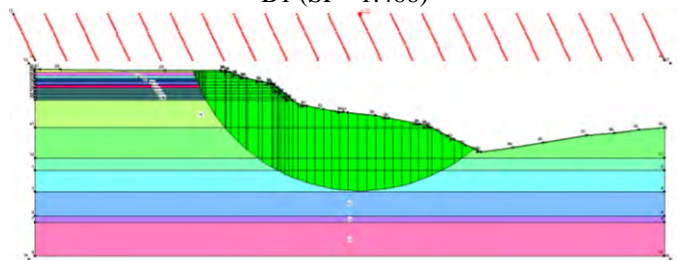


Gambar 4.290 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 1 pada ruas B2 (SF=1.0106)

Gambar 4.291 dan gambar 4.292 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 1. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.466 pada ruas B1 dan SF = 1.171 pada ruas B2.



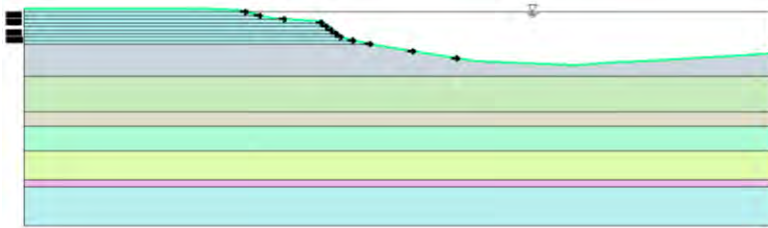
Gambar 4.291 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 1 pada ruas B1 (SF= 1.466)



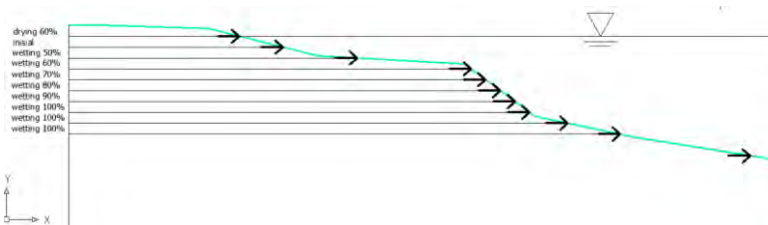
Gambar 4.292 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 1 pada ruas B2 (SF= 1.171)

4.8.2 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 2

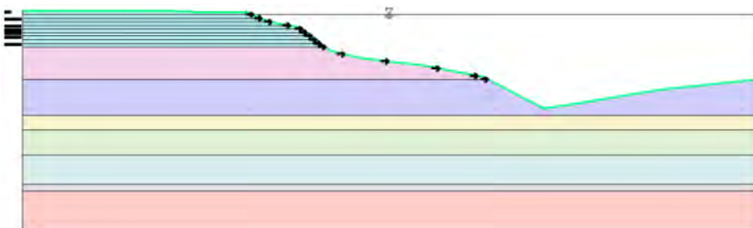
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 2, muka air berada pada kedalaman 7.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 13 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.293 sampai dengan gambar 4.296



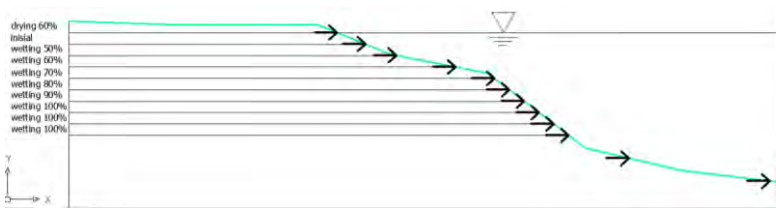
Gambar 4.293 Kondisi 2 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 7.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.294 Detail *drying-wetting* kondisi 2 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.295 Kondisi 2 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 13 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.296 Detail *drying-wetting* kondisi 2 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.165 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 2 ruas B1

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 60%	0.5	17.520	13.500	18.645
2	Inisial	1	17.542	13.494	18.642
3	wetting 50%	1.5	17.544	13.420	18.597
4	wetting 60%	2	17.563	13.279	18.512
5	wetting 70%	2.5	17.579	13.149	18.433
6	wetting 80%	3	17.603	13.023	18.362
7	wetting 90%	3.5	17.675	12.935	18.309
8	wetting 100%	4	17.849	12.914	18.304
9	wetting 100%	4.5	17.849	12.914	18.304
10	wetting 100%	5	17.849	12.914	18.304

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.166 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 2 ruas B1

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 60%	0.5	164.726	0.000	5865.000	0.216
2	Inisial	1	127.503	3.106	9276.909	0.216
3	wetting 50%	1.5	84.465	0.000	5865.000	0.215
4	wetting 60%	2	77.955	0.000	5865.000	0.213
5	wetting 70%	2.5	67.959	0.000	5865.000	0.211
6	wetting 80%	3	53.214	0.000	5865.000	0.209
7	wetting 90%	3.5	36.207	0.000	5865.000	0.208
8	wetting 100%	4	26.458	0.000	5865.000	0.208
9	wetting 100%	4.5	26.458	0.000	5865.000	0.208
10	wetting 100%	5	26.458	0.000	5865.000	0.208

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.167 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 2 ruas B2

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 60%	0.5	17.731	14.023	18.973
2	Inisial	1	17.778	13.725	18.903
3	wetting 50%	1.5	17.745	13.675	18.878
4	wetting 60%	2	17.759	13.591	18.825
5	wetting 70%	2.5	17.998	13.588	18.823
6	wetting 80%	3	18.034	13.422	18.717
7	wetting 90%	3.5	18.092	13.219	18.588
8	wetting 100%	4	18.136	13.174	18.561
9	wetting 100%	4.5	18.136	13.174	18.561
10	wetting 100%	5	18.136	13.174	18.561

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

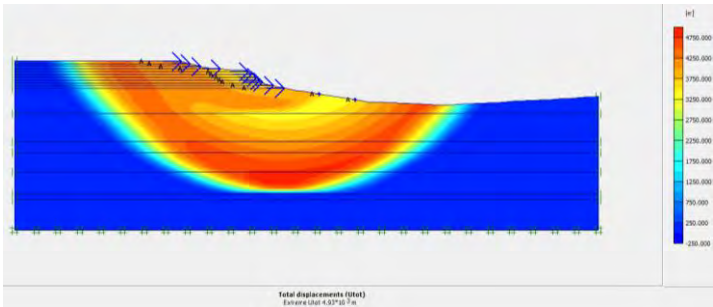
Tabel 4.168 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 2 ruas B2

Layer	Kondisi 2	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 60%	0.5	169.235	0.000	5865.000	0.224
2	Inisial	1	147.400	2.600	15660.630	0.223
3	wetting 50%	1.5	89.211	0.000	5865.000	0.222
4	wetting 60%	2	81.199	0.000	5865.000	0.221
5	wetting 70%	2.5	71.207	0.000	5865.000	0.221
6	wetting 80%	3	53.963	0.000	5865.000	0.218
7	wetting 90%	3.5	42.944	0.000	5865.000	0.215
8	wetting 100%	4	34.203	0.000	5865.000	0.214
9	wetting 100%	4.5	34.203	0.000	5865.000	0.214
10	wetting 100%	5	34.203	0.000	5865.000	0.214

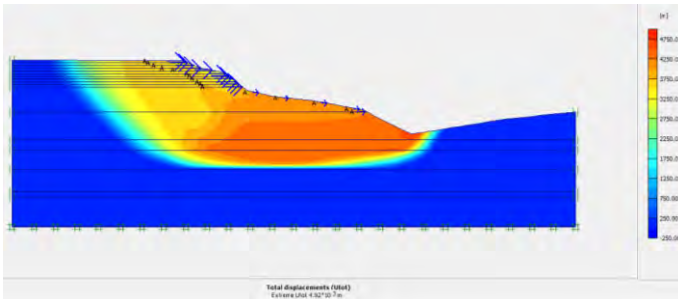
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 2 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 2 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.297 dan gambar 4.298 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 2. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1083 pada ruas B1 dan SF = 1.0128 pada ruas B2.

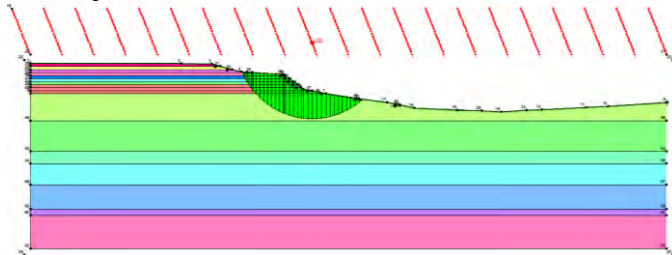


Gambar 4.297 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 2 pada ruas B1 (SF= 1.1083)

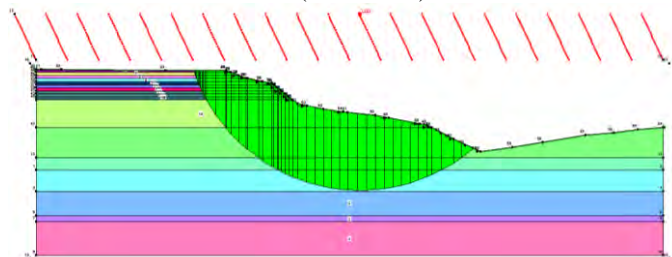


Gambar 4.298 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 2 pada ruas B2 (SF= 1.0128)

Gambar 4.299 dan gambar 4.300 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 2. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.543 pada ruas B1 dan SF = 1.222 pada ruas B2.



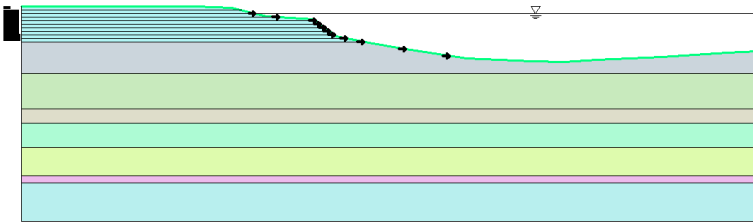
Gambar 4.299 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 2 pada ruas B1 (SF= 1.543)



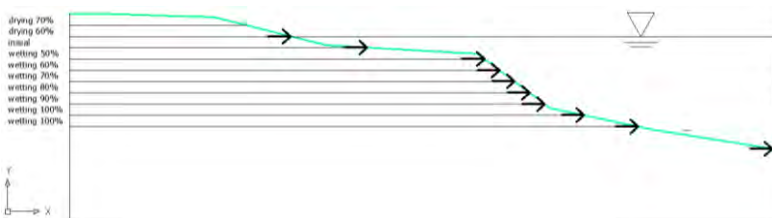
Gambar 4.300 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 2 pada ruas B2 (SF= 1.222)

4.8.3 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 3

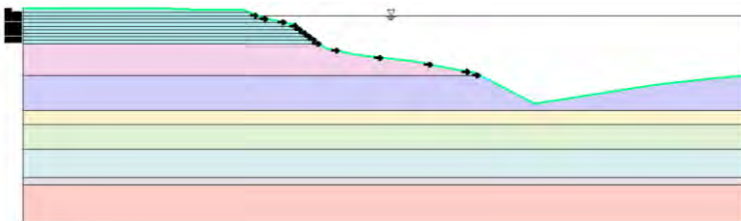
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 3, muka air berada pada kedalaman 7 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 12.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.301 sampai dengan gambar 4.304



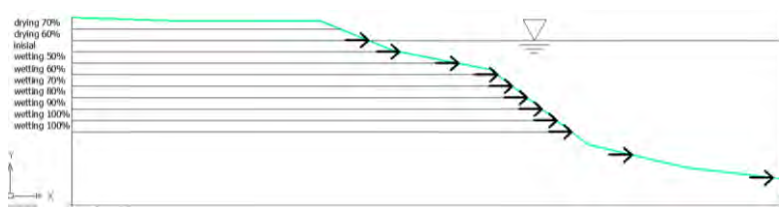
Gambar 4.301 Kondisi 3 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 7 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.302 Detail *drying-wetting* kondisi 3 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.303 Kondisi 3 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 12.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.304 Detail *drying-wetting* kondisi 3 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.169 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 3 ruas B1

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 70%	0.5	17.404	13.622	18.717
2	drying 60%	1	17.520	13.500	18.645
3	Inisial	1.5	17.542	13.494	18.642
4	wetting 50%	2	17.544	13.420	18.597
5	wetting 60%	2.5	17.563	13.279	18.512
6	wetting 70%	3	17.579	13.149	18.433
7	wetting 80%	3.5	17.603	13.023	18.362
8	wetting 90%	4	17.675	12.935	18.309
9	wetting 100%	4.5	17.849	12.914	18.304
10	wetting 100%	5	17.849	12.914	18.304

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.170 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 3 ruas B1

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 70%	0.5	170.464	0.000	5865.000	0.218
2	drying 60%	1	164.726	0.000	5865.000	0.216
3	Inisial	1.5	127.503	3.106	9276.909	0.216
4	wetting 50%	2	84.465	0.000	5865.000	0.215
5	wetting 60%	2.5	77.955	0.000	5865.000	0.213
6	wetting 70%	3	67.959	0.000	5865.000	0.211
7	wetting 80%	3.5	53.214	0.000	5865.000	0.209
8	wetting 90%	4	36.207	0.000	5865.000	0.208
9	wetting 100%	4.5	26.458	0.000	5865.000	0.208
10	wetting 100%	5	26.458	0.000	5865.000	0.208

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.171 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 3 ruas B2

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 70%	0.5	17.668	14.126	19.004
2	drying 60%	1	17.731	14.023	18.973
3	Inisial	1.5	17.778	13.725	18.903
4	wetting 50%	2	17.745	13.675	18.878
5	wetting 60%	2.5	17.759	13.591	18.825
6	wetting 70%	3	17.998	13.588	18.823
7	wetting 80%	3.5	18.034	13.422	18.717
8	wetting 90%	4	18.092	13.219	18.588
9	wetting 100%	4.5	18.136	13.174	18.561
10	wetting 100%	5	18.136	13.174	18.561

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

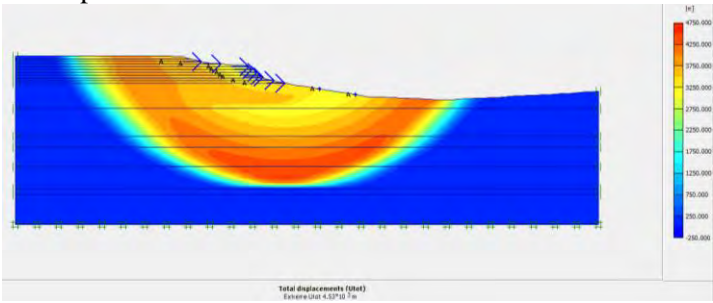
Tabel 4.172 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 3 ruas B2

Layer	Kondisi 3	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 70%	0.5	176.696	0.000	5865.000	0.225
2	drying 60%	1	169.235	0.000	5865.000	0.224
3	Inisial	1.5	147.400	2.600	15660.630	0.223
4	wetting 50%	2	89.211	0.000	5865.000	0.222
5	wetting 60%	2.5	81.199	0.000	5865.000	0.221
6	wetting 70%	3	71.207	0.000	5865.000	0.221
7	wetting 80%	3.5	53.963	0.000	5865.000	0.218
8	wetting 90%	4	42.944	0.000	5865.000	0.215
9	wetting 100%	4.5	34.203	0.000	5865.000	0.214
10	wetting 100%	5	34.203	0.000	5865.000	0.214

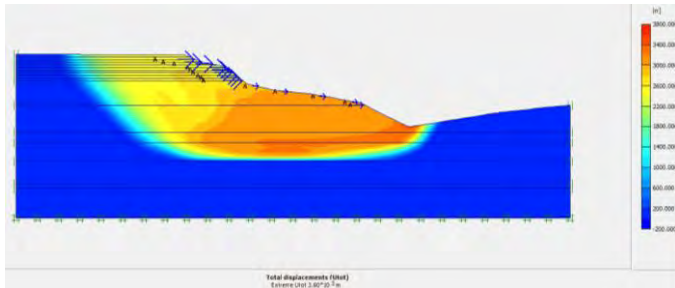
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 3 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 3 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.305 dan gambar 4.306 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 3. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1225 pada ruas B1 dan SF = 1.0206 pada ruas B2.

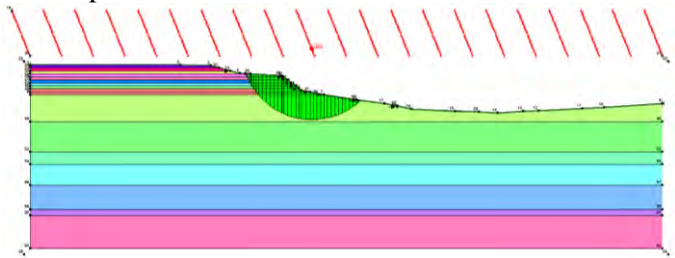


Gambar 4.305 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 3 pada ruas B1 (SF= 1.1225)

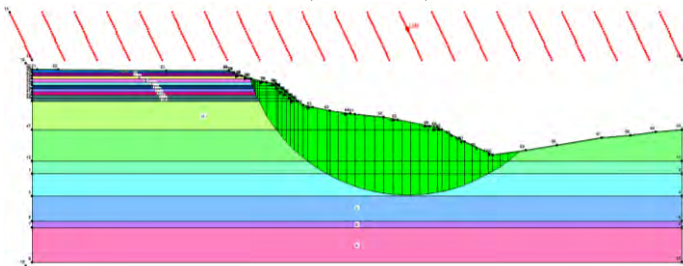


Gambar 4.306 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 3 pada ruas B2 (SF= 1.0206)

Gambar 4.307 dan gambar 4.308 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 3. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.638 pada ruas B1 dan SF = 1.256 pada ruas B2.



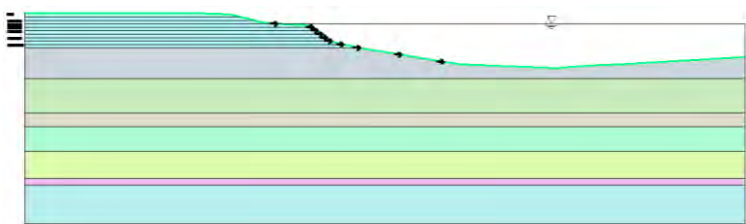
Gambar 4.307 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 3 pada ruas B1 (SF= 1.638)



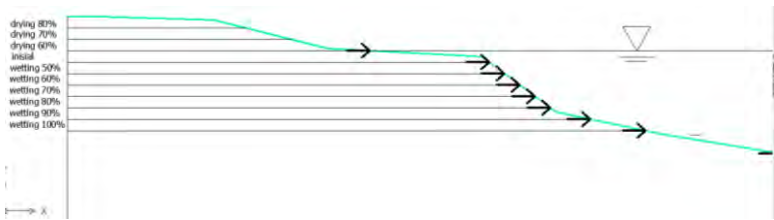
Gambar 4.308 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 3 pada ruas B2 (SF= 1.256)

4.8.4 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 4

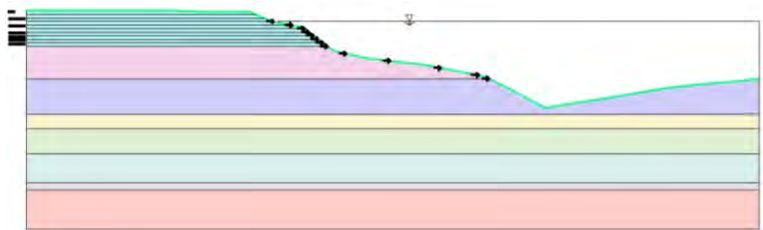
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 4, muka air berada pada kedalaman 6.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 12 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.309 sampai dengan gambar 4.312



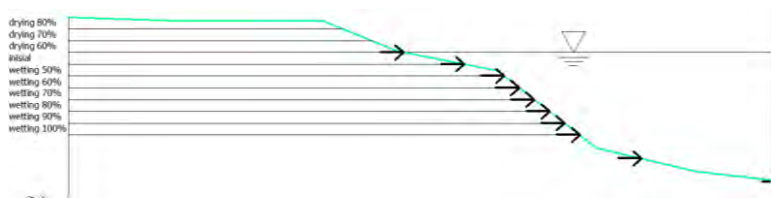
Gambar 4.309 Kondisi 4 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 6.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.310 Detail *drying-wetting* kondisi 4 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.311 Kondisi 4 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 12 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.312 Detail *drying-wetting* kondisi 4 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.173 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 4 ruas B1

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 80%	0.5	17.387	13.747	18.796
2	drying 70%	1	17.404	13.622	18.717
3	drying 60%	1.5	17.520	13.500	18.645
4	Inisial	2	17.542	13.494	18.642
5	wetting 50%	2.5	17.544	13.420	18.597
6	wetting 60%	3	17.563	13.279	18.512
7	wetting 70%	3.5	17.579	13.149	18.433
8	wetting 80%	4	17.603	13.023	18.362
9	wetting 90%	4.5	17.675	12.935	18.309
10	wetting 100%	5	17.849	12.914	18.304

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.174 Data parameter mekanis untuk kondisi 4 ruas B1

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 80%	0.5	206.725	0.000	5865.000	0.220
2	drying 70%	1	170.464	0.000	5865.000	0.218
3	drying 60%	1.5	164.726	0.000	5865.000	0.216
4	Inisial	2	127.503	3.106	9276.909	0.216
5	wetting 50%	2.5	84.465	0.000	5865.000	0.215
6	wetting 60%	3	77.955	0.000	5865.000	0.213
7	wetting 70%	3.5	67.959	0.000	5865.000	0.211
8	wetting 80%	4	53.214	0.000	5865.000	0.209
9	wetting 90%	4.5	36.207	0.000	5865.000	0.208
10	wetting 100%	5	26.458	0.000	5865.000	0.208

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.175 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 4 ruas B2

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 80%	0.5	17.646	14.212	18.841
2	drying 70%	1	17.668	14.126	19.004
3	drying 60%	1.5	17.731	14.023	18.973
4	Inisial	2	17.778	13.725	18.903
5	wetting 50%	2.5	17.745	13.675	18.878
6	wetting 60%	3	17.759	13.591	18.825
7	wetting 70%	3.5	17.998	13.588	18.823
8	wetting 80%	4	18.034	13.422	18.717
9	wetting 90%	4.5	18.092	13.219	18.588
10	wetting 100%	5	18.136	13.174	18.561

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

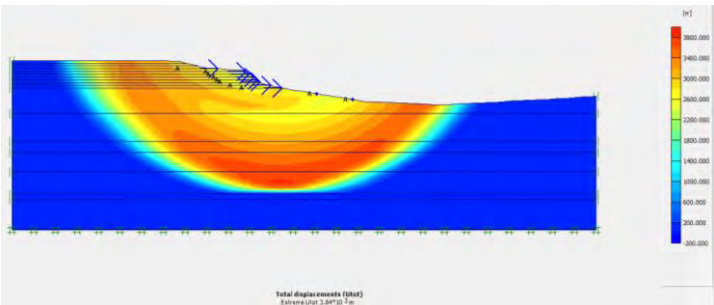
Tabel 4.176 Data parameter mekanis untuk kondisi 4 ruas B2

Layer	Kondisi 4	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 80%	0.5	206.106	0.000	5865.000	0.221
2	drying 70%	1	176.696	0.000	5865.000	0.225
3	drying 60%	1.5	169.235	0.000	5865.000	0.224
4	Inisial	2	147.400	2.600	15660.630	0.223
5	wetting 50%	2.5	89.211	0.000	5865.000	0.222
6	wetting 60%	3	81.199	0.000	5865.000	0.221
7	wetting 70%	3.5	71.207	0.000	5865.000	0.221
8	wetting 80%	4	53.963	0.000	5865.000	0.218
9	wetting 90%	4.5	42.944	0.000	5865.000	0.215
10	wetting 100%	5	34.203	0.000	5865.000	0.214

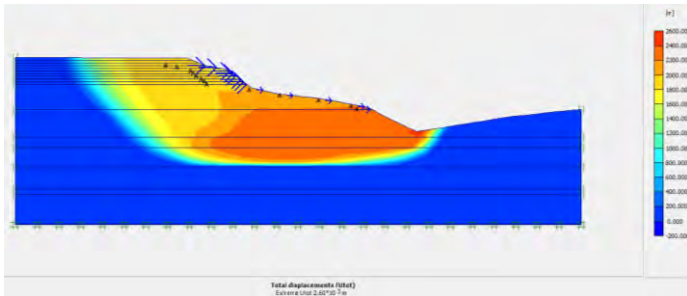
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 4 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 4 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.313 dan gambar 4.314 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 4. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1362 pada ruas B1 dan SF = 1.0269 pada ruas B2.

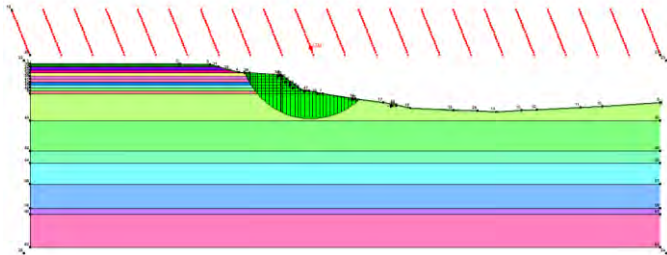


Gambar 4.313 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 4 pada ruas B1 (SF= 1.1362)

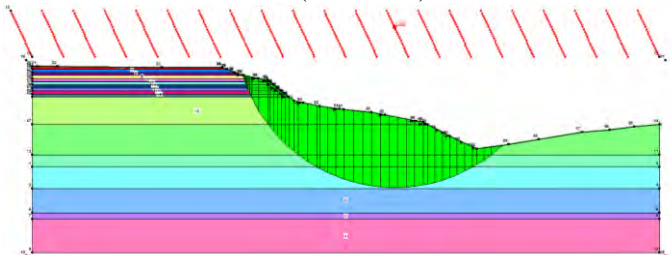


Gambar 4.314 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 4 pada ruas B2 (SF= 1.0269)

Gambar 4.315 dan gambar 4.316 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 4. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 1.784 pada ruas B1 dan SF = 1.305 pada ruas B2.



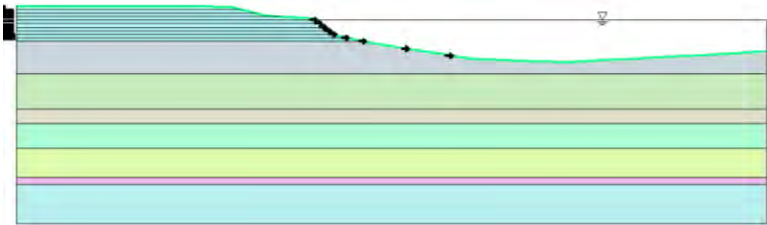
Gambar 4.315 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 4 pada ruas B1 (SF= 1.784)



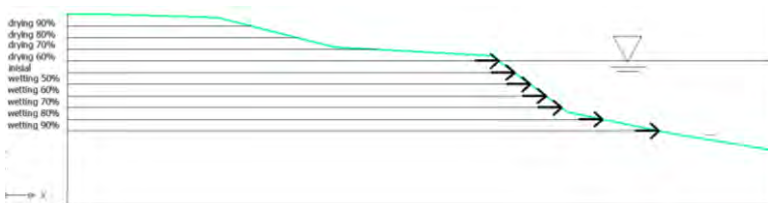
Gambar 4.316 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 4 pada ruas B2 (SF= 1.305)

4.8.5 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 5

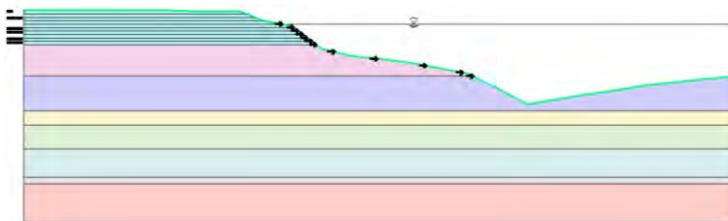
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 5, muka air berada pada kedalaman 6 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.317 sampai dengan gambar 4.320



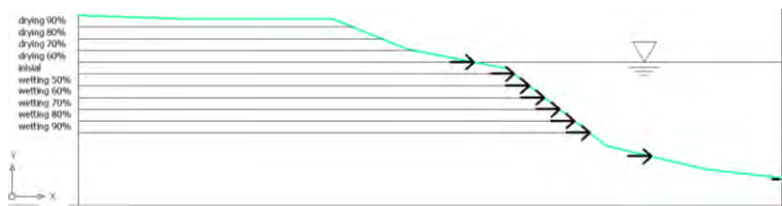
Gambar 4.317 Kondisi 5 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 6 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.318 Detail *drying-wetting* kondisi 5 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.319 Kondisi 5 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 11.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.320 Detail *drying-wetting* kondisi 5 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.177 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 5 ruas B1

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 90%	0.5	17.275	13.844	18.855
2	drying 80%	1	17.387	13.747	18.796
3	drying 70%	1.5	17.404	13.622	18.717
4	drying 60%	2	17.520	13.500	18.645
5	Inisial	2.5	17.542	13.494	18.642
6	wetting 50%	3	17.544	13.420	18.597
7	wetting 60%	3.5	17.563	13.279	18.512
8	wetting 70%	4	17.579	13.149	18.433
9	wetting 80%	4.5	17.603	13.023	18.362
10	wetting 90%	5	17.675	12.935	18.309

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.178 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 5 ruas B1

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 90%	0.5	215.509	0.000	5865.000	0.221
2	drying 80%	1	206.725	0.000	5865.000	0.220
3	drying 70%	1.5	170.464	0.000	5865.000	0.218
4	drying 60%	2	164.726	0.000	5865.000	0.216
5	Inisial	2.5	127.503	3.106	9276.909	0.216
6	wetting 50%	3	84.465	0.000	5865.000	0.215
7	wetting 60%	3.5	77.955	0.000	5865.000	0.213
8	wetting 70%	4	67.959	0.000	5865.000	0.211
9	wetting 80%	4.5	53.214	0.000	5865.000	0.209
10	wetting 90%	5	36.207	0.000	5865.000	0.208

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.179 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 5 ruas B2

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 90%	0.5	17.558	14.367	18.867
2	drying 80%	1	17.646	14.212	18.841
3	drying 70%	1.5	17.668	14.126	19.004
4	drying 60%	2	17.731	14.023	18.973
5	Inisial	2.5	17.778	13.725	18.903
6	wetting 50%	3	17.745	13.675	18.878
7	wetting 60%	3.5	17.759	13.591	18.825
8	wetting 70%	4	17.998	13.588	18.823
9	wetting 80%	4.5	18.034	13.422	18.717
10	wetting 90%	5	18.092	13.219	18.588

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

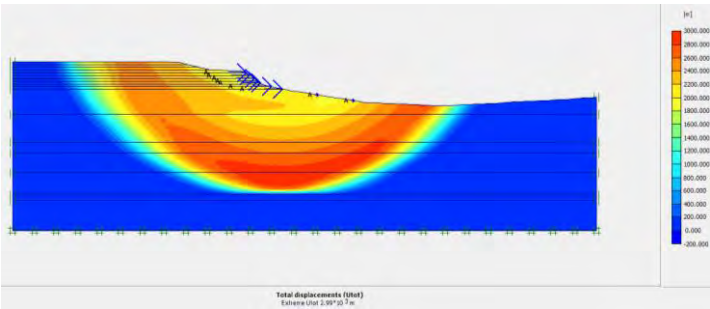
Tabel 4.180 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 5 ruas B2

Layer	Kondisi 5	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 90%	0.5	250.242	0.000	5865.000	0.222
2	drying 80%	1	206.106	0.000	5865.000	0.221
3	drying 70%	1.5	176.696	0.000	5865.000	0.225
4	drying 60%	2	169.235	0.000	5865.000	0.224
5	Inisial	2.5	147.400	2.600	15660.630	0.223
6	wetting 50%	3	89.211	0.000	5865.000	0.222
7	wetting 60%	3.5	81.199	0.000	5865.000	0.221
8	wetting 70%	4	71.207	0.000	5865.000	0.221
9	wetting 80%	4.5	53.963	0.000	5865.000	0.218
10	wetting 90%	5	42.944	0.000	5865.000	0.215

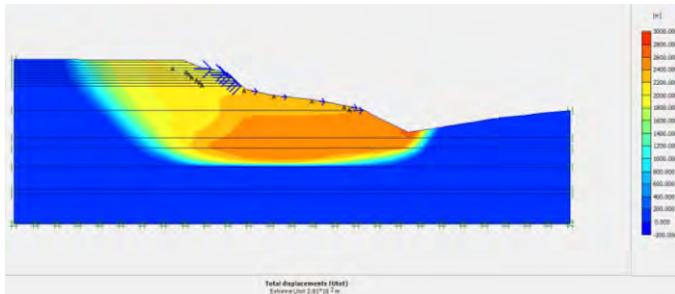
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 5 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 5 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.321 dan gambar 4.322 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 5. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1514 pada ruas B1 dan SF = 1.0359 pada ruas B2.

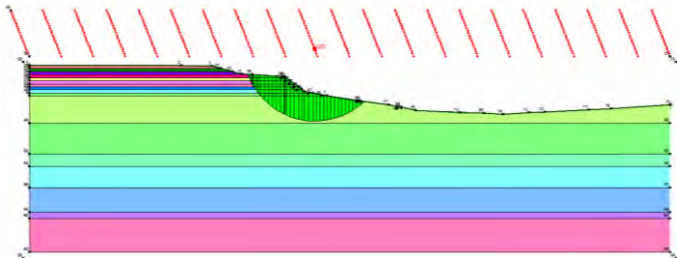


Gambar 4.321 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 5 pada ruas B1 (SF= 1.1514)

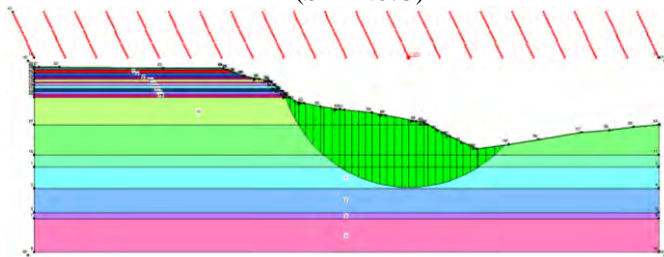


Gambar 4.322 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 5 pada ruas B2 (SF= 1.0359)

Gambar 4.323 dan gambar 4.324 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 5. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 2.073 pada ruas B1 dan SF = 1.372 pada ruas B2.



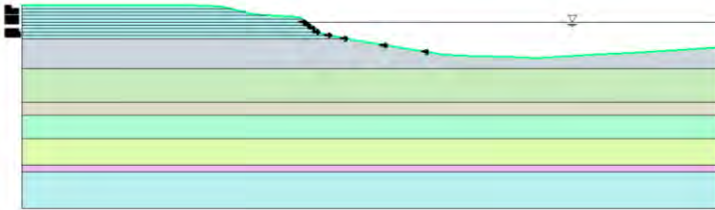
Gambar 4.323 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 5 pada ruas B1 (SF= 2.073)



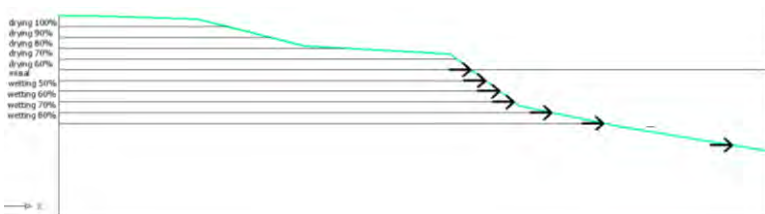
Gambar 4.324 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 5 pada ruas B2 (SF= 1.372)

4.8.6 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 6

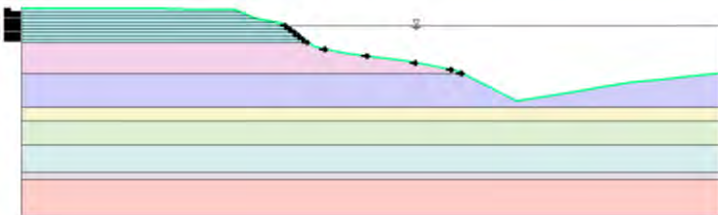
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 6, muka air berada pada kedalaman 5.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 11 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.325 sampai dengan gambar 4.328



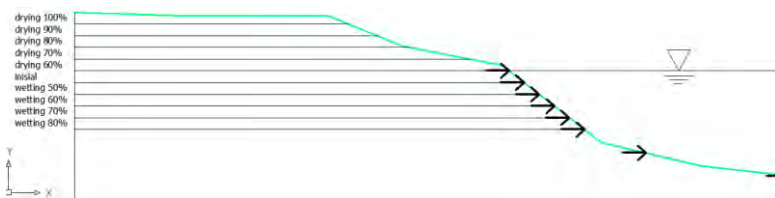
Gambar 4.325 Kondisi 6 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 5.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.326 Detail *drying-wetting* kondisi 6 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.327 Kondisi 6 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 11 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.328 Detail *drying-wetting* kondisi 6 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.181 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 6 ruas B1

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 100%	0.5	17.264	14.002	18.951
2	drying 90%	1	17.275	13.844	18.855
3	drying 80%	1.5	17.387	13.747	18.796
4	drying 70%	2	17.404	13.622	18.717
5	drying 60%	2.5	17.520	13.500	18.645
6	Inisial	3	17.542	13.494	18.642
7	wetting 50%	3.5	17.544	13.420	18.597
8	wetting 60%	4	17.563	13.279	18.512
9	wetting 70%	4.5	17.579	13.149	18.433
10	wetting 80%	5	17.603	13.023	18.362

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.182 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 6 ruas B1

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
2	drying 90%	1	215.509	0.000	5865.000	0.221
3	drying 80%	1.5	206.725	0.000	5865.000	0.220
4	drying 70%	2	170.464	0.000	5865.000	0.218
5	drying 60%	2.5	164.726	0.000	5865.000	0.216
6	Inisial	3	127.503	3.106	9276.909	0.216
7	wetting 50%	3.5	84.465	0.000	5865.000	0.215
8	wetting 60%	4	77.955	0.000	5865.000	0.213
9	wetting 70%	4.5	67.959	0.000	5865.000	0.211
10	wetting 80%	5	53.214	0.000	5865.000	0.209

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.183 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 6 ruas B2

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	17.539	14.585	18.951
2	drying 90%	1	17.558	14.367	18.867
3	drying 80%	1.5	17.646	14.212	18.841
4	drying 70%	2	17.668	14.126	19.004
5	drying 60%	2.5	17.731	14.023	18.973
6	Inisial	3	17.778	13.725	18.903
7	wetting 50%	3.5	17.745	13.675	18.878
8	wetting 60%	4	17.759	13.591	18.825
9	wetting 70%	4.5	17.998	13.588	18.823
10	wetting 80%	5	18.034	13.422	18.717

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

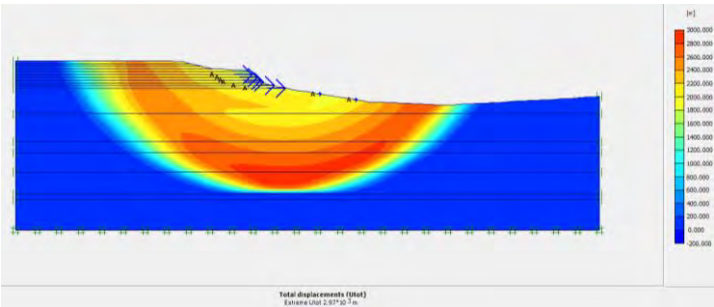
Tabel 4.184 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 6 ruas B2

Layer	Kondisi 6	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	274.745	0.000	5865.000	0.224
2	drying 90%	1	250.242	0.000	5865.000	0.222
3	drying 80%	1.5	206.106	0.000	5865.000	0.221
4	drying 70%	2	176.696	0.000	5865.000	0.225
5	drying 60%	2.5	169.235	0.000	5865.000	0.224
6	Inisial	3	147.400	2.600	15660.630	0.223
7	wetting 50%	3.5	89.211	0.000	5865.000	0.222
8	wetting 60%	4	81.199	0.000	5865.000	0.221
9	wetting 70%	4.5	71.207	0.000	5865.000	0.221
10	wetting 80%	5	53.963	0.000	5865.000	0.218

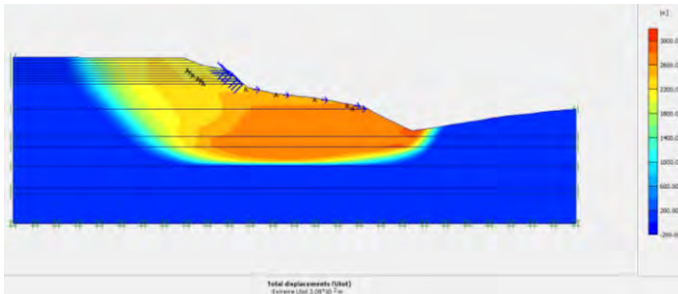
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 6 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 6 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.329 dan gambar 4.330 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 6. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1644 pada ruas B1 dan SF = 1.0402 pada ruas B2.

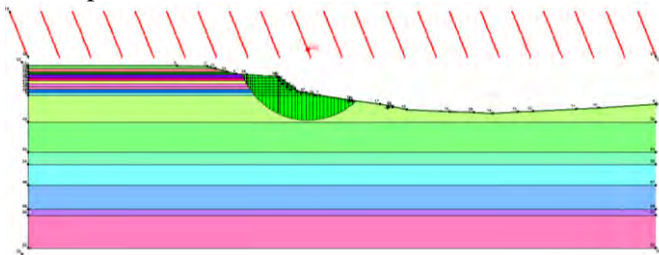


Gambar 4.329 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 6 pada ruas B1 (SF= 1.1644)

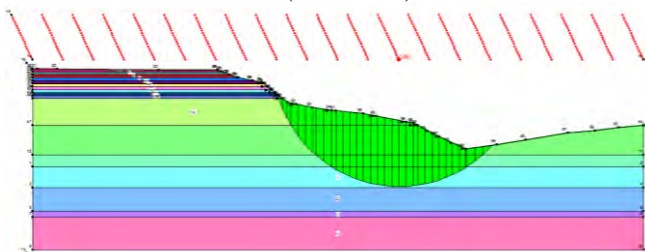


Gambar 4.330 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 6 pada ruas B2 (SF= 1.0402)

Gambar 4.331 dan gambar 4.332 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 6. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 2.377 pada ruas B1 dan SF = 1.385 pada ruas B2.



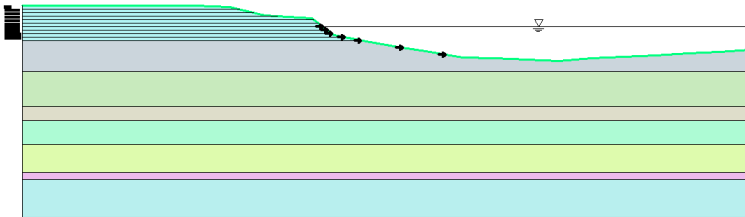
Gambar 4.331 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 6 pada ruas B1 (SF= 2.377)



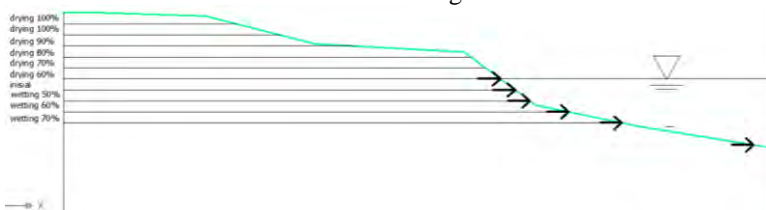
Gambar 4.332 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 6 pada ruas B2 (SF= 1.385)

4.8.7 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 7

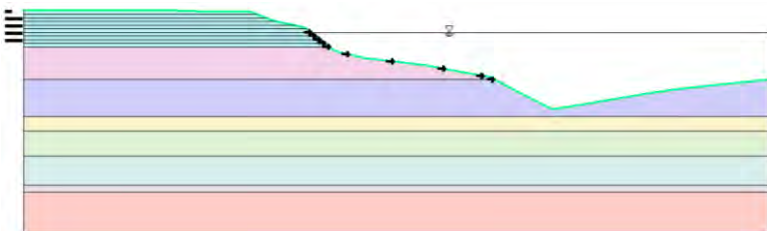
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 7, muka air berada pada kedalaman 5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.333 sampai dengan gambar 4.336



Gambar 4.333 Kondisi 7 Tanah natural + 5 % biobakteri dengan muka air 7 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.334 Detail *drying-wetting* kondisi 7 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.335 Kondisi 7 Tanah natural + 7 % biobakteri dengan muka air 10.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.336 Detail *drying-wetting* kondisi 7 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.185 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 7 ruas B1

Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 100%	0.5	17.264	14.002	18.951
2	drying 100%	1	17.264	14.002	18.951
3	drying 90%	1.5	17.275	13.844	18.855
4	drying 80%	2	17.387	13.747	18.796
5	drying 70%	2.5	17.404	13.622	18.717
6	drying 60%	3	17.520	13.500	18.645
7	Inisial	3.5	17.542	13.494	18.642
8	wetting 50%	4	17.544	13.420	18.597
9	wetting 60%	4.5	17.563	13.279	18.512
10	wetting 70%	5	17.579	13.149	18.433

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.186 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 7 ruas B1

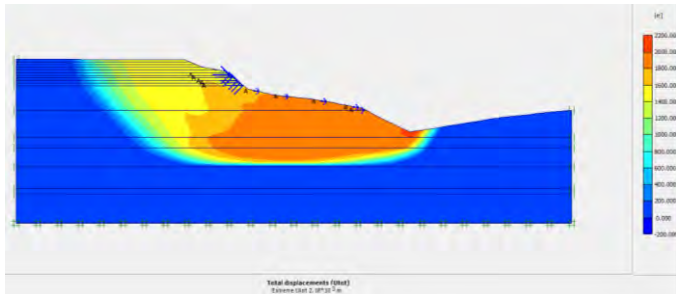
Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
2	drying 100%	1	221.977	0.000	5865.000	0.224
3	drying 90%	1.5	215.509	0.000	5865.000	0.221
4	drying 80%	2	206.725	0.000	5865.000	0.220
5	drying 70%	2.5	170.464	0.000	5865.000	0.218
6	drying 60%	3	164.726	0.000	5865.000	0.216
7	Inisial	3.5	127.503	3.106	9276.909	0.216
8	wetting 50%	4	84.465	0.000	5865.000	0.215
9	wetting 60%	4.5	77.955	0.000	5865.000	0.213
10	wetting 70%	5	67.959	0.000	5865.000	0.211

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.187 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 7 ruas B2

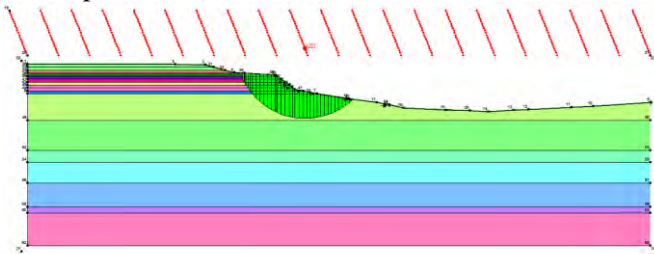
Layer	Kondisi 7	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	17.539	14.585	18.951
2	drying 100%	1	17.539	14.585	18.951
3	drying 90%	1.5	17.558	14.367	18.867
4	drying 80%	2	17.646	14.212	18.841
5	drying 70%	2.5	17.668	14.126	19.004
6	drying 60%	3	17.731	14.023	18.973
7	Inisial	3.5	17.778	13.725	18.903
8	wetting 50%	4	17.745	13.675	18.878
9	wetting 60%	4.5	17.759	13.591	18.825
10	wetting 70%	5	17.998	13.588	18.823

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

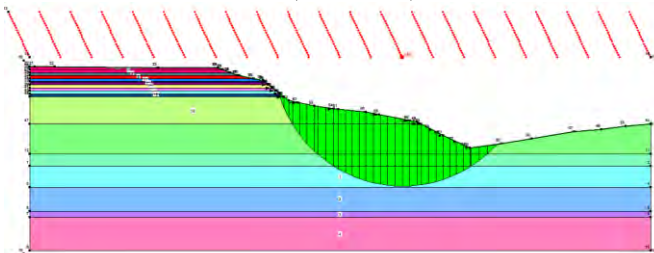


Gambar 4.338 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 7 pada ruas B2 (SF= 1.0427)

Gambar 4.339 dan gambar 4.340 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 7. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 2.735 pada ruas B1 dan SF = 1.401 pada ruas B2.



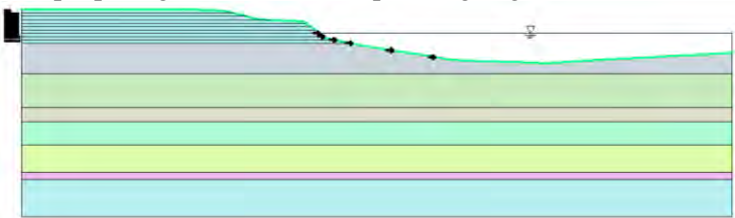
Gambar 4.339 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 7 pada ruas B1 (SF= 2.735)



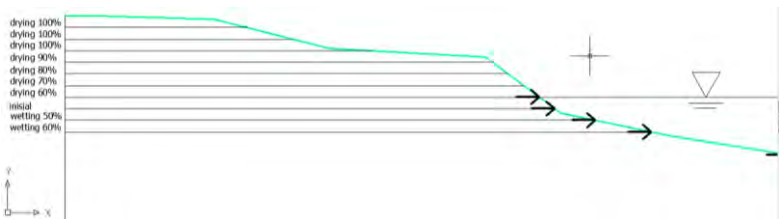
Gambar 4.340 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 7 pada ruas B2 (SF= 1.401)

4.8.8 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 8

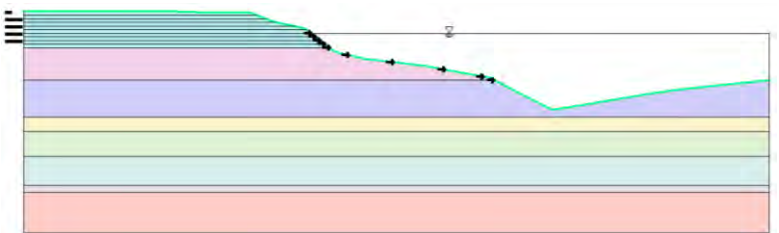
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 8, muka air berada pada kedalaman 4.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 10 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.341 sampai dengan gambar 4.344



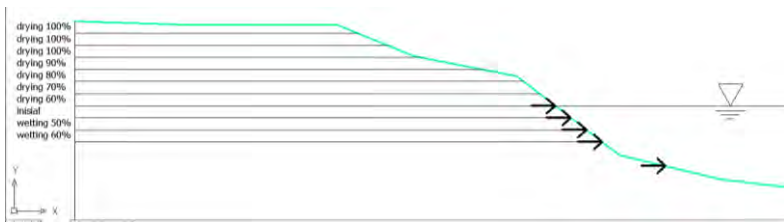
Gambar 4.341 Kondisi 8 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 4.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.342 Detail *drying-wetting* kondisi 8 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.343 Kondisi 8 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 10 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.344 Detail *drying-wetting* kondisi 8 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.189 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 8 ruas B1

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m3)	γ_d (kN/m3)	γ_{sat} (kN/m3)
1	drying 100%	0.5	17.264	14.002	18.951
2	drying 100%	1	17.264	14.002	18.951
3	drying 100%	1.5	17.264	14.002	18.951
4	drying 90%	2	17.275	13.844	18.855
5	drying 80%	2.5	17.387	13.747	18.796
6	drying 70%	3	17.404	13.622	18.717
7	drying 60%	3.5	17.520	13.500	18.645
8	Inisial	4	17.542	13.494	18.642
9	wetting 50%	4.5	17.544	13.420	18.597
10	wetting 60%	5	17.563	13.279	18.512

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.190 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 8 ruas B1

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
2	drying 100%	1	221.977	0.000	5865.000	0.224
3	drying 100%	1.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
4	drying 90%	2	215.509	0.000	5865.000	0.221
5	drying 80%	2.5	206.725	0.000	5865.000	0.220
6	drying 70%	3	170.464	0.000	5865.000	0.218
7	drying 60%	3.5	164.726	0.000	5865.000	0.216
8	Inisial	4	127.503	3.106	9276.909	0.216
9	wetting 50%	4.5	84.465	0.000	5865.000	0.215
10	wetting 60%	5	77.955	0.000	5865.000	0.213

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.191 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 8 ruas B2

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	17.539	14.585	18.951
2	drying 100%	1	17.539	14.585	18.951
3	drying 100%	1.5	17.539	14.585	18.951
4	drying 90%	2	17.558	14.367	18.867
5	drying 80%	2.5	17.646	14.212	18.841
6	drying 70%	3	17.668	14.126	19.004
7	drying 60%	3.5	17.731	14.023	18.973
8	Inisial	4	17.778	13.725	18.903
9	wetting 50%	4.5	17.745	13.675	18.878
10	wetting 60%	5	17.759	13.591	18.825

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

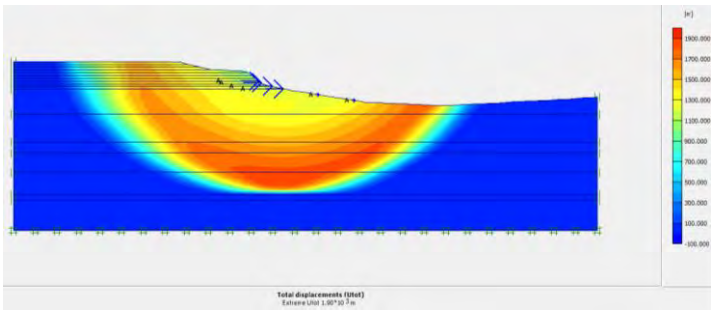
Tabel 4.192 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 8 ruas B2

Layer	Kondisi 8	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	274.745	0.000	5865.000	0.224
2	drying 100%	1	274.745	0.000	5865.000	0.224
3	drying 100%	1.5	274.745	0.000	5865.000	0.224
4	drying 90%	2	250.242	0.000	5865.000	0.222
5	drying 80%	2.5	206.106	0.000	5865.000	0.221
6	drying 70%	3	176.696	0.000	5865.000	0.225
7	drying 60%	3.5	169.235	0.000	5865.000	0.224
8	Inisial	4	147.400	2.600	15660.630	0.223
9	wetting 50%	4.5	89.211	0.000	5865.000	0.222
10	wetting 60%	5	81.199	0.000	5865.000	0.221

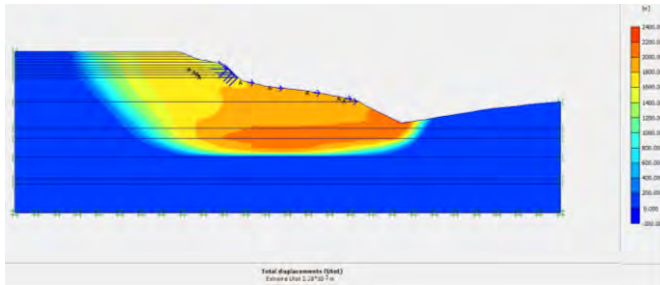
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 8 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 8 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.345 dan gambar 4.346 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 8. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1787 pada ruas B1 dan SF = 1.044 pada ruas B2.

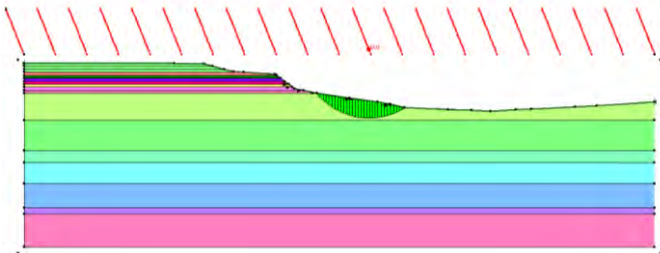


Gambar 4.345 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 8 pada ruas B1 (SF= 1.1787)

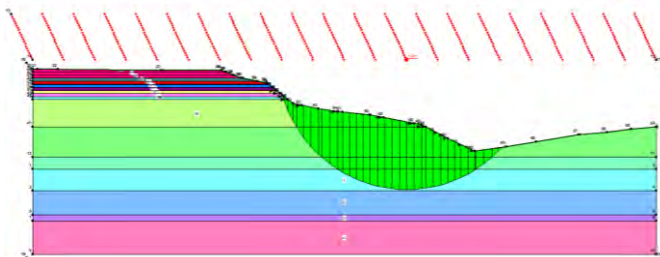


Gambar 4.346 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 8 pada ruas B2 (SF= 1.044)

Gambar 4.347 dan gambar 4.348 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 8. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 3.013 pada ruas B1 dan SF = 1.411 pada ruas B2.



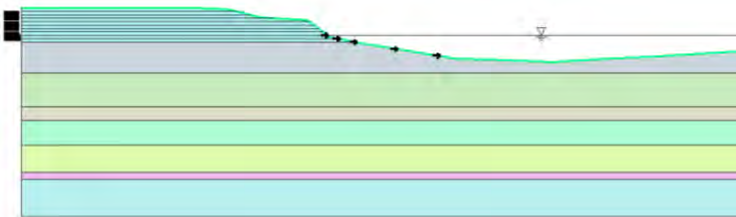
Gambar 4.347 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 8 pada ruas B1 (SF= 3.013)



Gambar 4.348 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 8 pada ruas B2 (SF= 1.411)

4.8.9 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 9

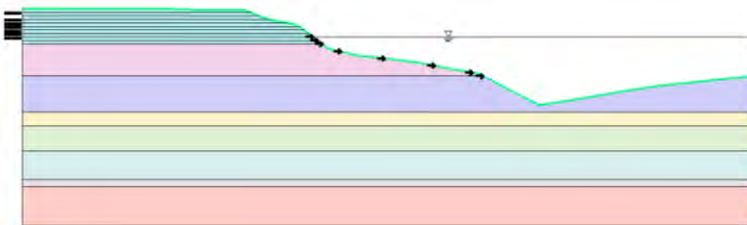
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 9, muka air berada pada kedalaman 4 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9.5 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.349 sampai dengan gambar 4.352



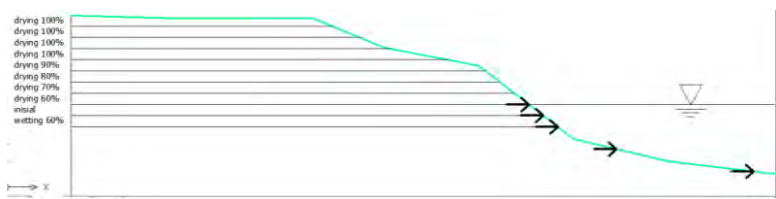
Gambar 4.349 Kondisi 9 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 4 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.350 Detail *drying-wetting* kondisi 9 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.351 Kondisi 9 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 9.5 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.352 Detail *drying-wetting* kondisi 9 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.193 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 9 ruas B1

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	17.264	14.002	18.951
2	drying 100%	1	17.264	14.002	18.951
3	drying 100%	1.5	17.264	14.002	18.951
4	drying 100%	2	17.264	14.002	18.951
5	drying 90%	2.5	17.275	13.844	18.855
6	drying 80%	3	17.387	13.747	18.796
7	drying 70%	3.5	17.404	13.622	18.717
8	drying 60%	4	17.520	13.500	18.645
9	Inisial	4.5	17.542	13.494	18.642
10	wetting 50%	5	17.544	13.420	18.597

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.194 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 9 ruas B1

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
2	drying 100%	1	221.977	0.000	5865.000	0.224
3	drying 100%	1.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
4	drying 100%	2	221.977	0.000	5865.000	0.224
5	drying 90%	2.5	215.509	0.000	5865.000	0.221
6	drying 80%	3	206.725	0.000	5865.000	0.220
7	drying 70%	3.5	170.464	0.000	5865.000	0.218
8	drying 60%	4	164.726	0.000	5865.000	0.216
9	Inisial	4.5	127.503	3.106	9276.909	0.216
10	wetting 50%	5	84.465	0.000	5865.000	0.215

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.195 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 9 ruas B2

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	17.539	14.585	18.951
2	drying 100%	1	17.539	14.585	18.951
3	drying 100%	1.5	17.539	14.585	18.951
4	drying 100%	2	17.539	14.585	18.951
5	drying 90%	2.5	17.558	14.367	18.867
6	drying 80%	3	17.646	14.212	18.841
7	drying 70%	3.5	17.668	14.126	19.004
8	drying 60%	4	17.731	14.023	18.973
9	Inisial	4.5	17.778	13.725	18.903
10	wetting 50%	5	17.745	13.675	18.878

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

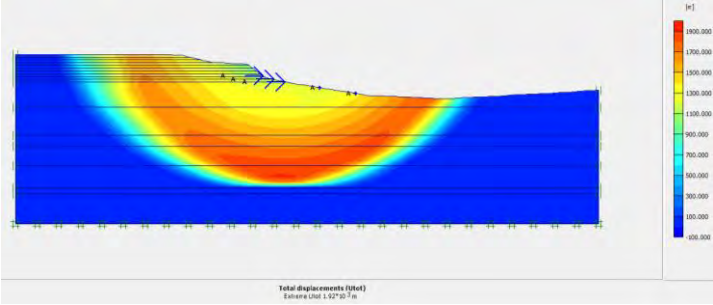
Tabel 4.196 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 9 ruas B2

Layer	Kondisi 9	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	274.745	0.000	5865.000	0.224
2	drying 100%	1	274.745	0.000	5865.000	0.224
3	drying 100%	1.5	274.745	0.000	5865.000	0.224
4	drying 100%	2	274.745	0.000	5865.000	0.224
5	drying 90%	2.5	250.242	0.000	5865.000	0.222
6	drying 80%	3	206.106	0.000	5865.000	0.221
7	drying 70%	3.5	176.696	0.000	5865.000	0.225
8	drying 60%	4	169.235	0.000	5865.000	0.224
9	Inisial	4.5	147.400	2.600	15660.630	0.223
10	wetting 50%	5	89.211	0.000	5865.000	0.222

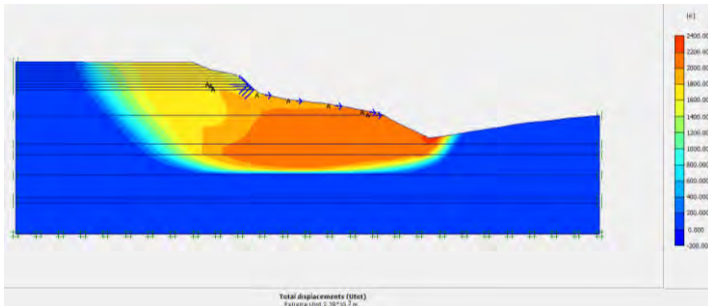
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 9 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 9 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.353 dan gambar 4.354 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 9. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1848 pada ruas B1 dan SF = 1.0469 pada ruas B2.

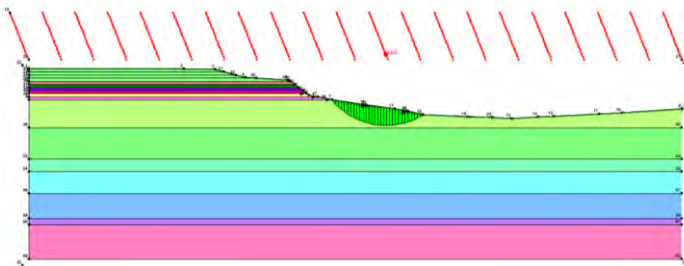


Gambar 4.353 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 9 pada ruas B1 (SF= 1.1848)

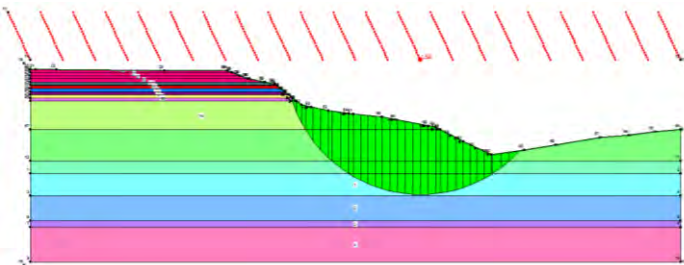


Gambar 4.354 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 9 pada ruas B2 (SF= 1.0469)

Gambar 4.355 dan gambar 4.356 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 9. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 3.015 pada ruas B1 dan SF = 1.429 pada ruas B2.



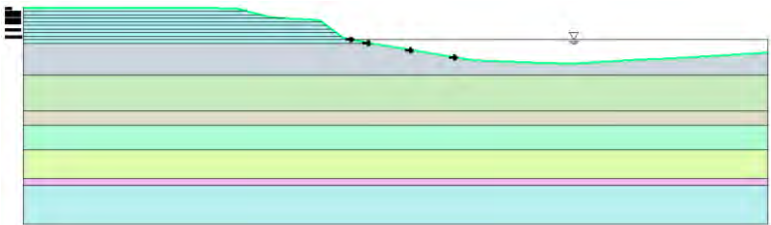
Gambar 4.355 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 9 pada ruas B1 (SF= 3.015)



Gambar 4.356 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 9 pada ruas B2 (SF= 1.429)

4.8.10 Analisis nilai angka keamanan Tanah Natural + Biobakteri kondisi 10

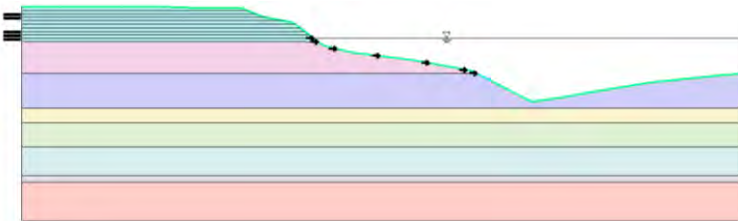
Perhitungan stabilitas tanggul tanah natural + biobakteri kondisi 10, muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai untuk ruas B1 dan 9 m dari dasar sungai untuk ruas B2 terlampir pada gambar 4.357 sampai dengan gambar 4.360



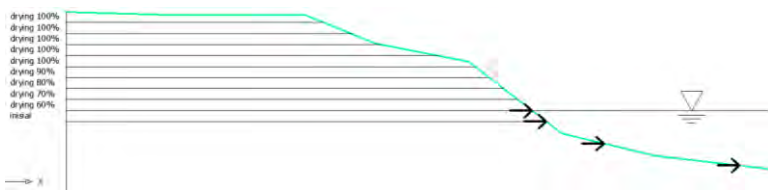
Gambar 4.357 Kondisi 10 Tanah Natural + 5 % biobakteri dengan muka air 3.5 m dari dasar sungai ruas B1



Gambar 4.358 Detail *drying-wetting* kondisi 10 Tanah Natural + 5 % biobakteri ruas B1



Gambar 4.359 Kondisi 10 Tanah Natural + 7 % biobakteri dengan muka air 9 m dari dasar sungai ruas B2



Gambar 4.360 Detail *drying-wetting* kondisi 10 Tanah Natural + 7 % biobakteri ruas B2

Tabel 4.197 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 10 ruas B1

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	17.264	14.002	18.951
2	drying 100%	1	17.264	14.002	18.951
3	drying 100%	1.5	17.264	14.002	18.951
4	drying 100%	2	17.264	14.002	18.951
5	drying 100%	2.5	17.264	14.002	18.951
6	drying 90%	3	17.275	13.844	18.855
7	drying 80%	3.5	17.387	13.747	18.796
8	drying 70%	4	17.404	13.622	18.717
9	drying 60%	4.5	17.520	13.500	18.645
10	Inisial	5	17.542	13.494	18.642

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.198 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 10 ruas B1

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
2	drying 100%	1	221.977	0.000	5865.000	0.224
3	drying 100%	1.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
4	drying 100%	2	221.977	0.000	5865.000	0.224
5	drying 100%	2.5	221.977	0.000	5865.000	0.224
6	drying 90%	3	215.509	0.000	5865.000	0.221
7	drying 80%	3.5	206.725	0.000	5865.000	0.220
8	drying 70%	4	170.464	0.000	5865.000	0.218
9	drying 60%	4.5	164.726	0.000	5865.000	0.216
10	Inisial	5	127.503	3.106	9276.909	0.216

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Tabel 4.199 Data parameter fisis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 10 ruas B2

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
1	drying 100%	0.5	17.539	14.585	18.951
2	drying 100%	1	17.539	14.585	18.951
3	drying 100%	1.5	17.539	14.585	18.951
4	drying 100%	2	17.539	14.585	18.951
5	drying 100%	2.5	17.539	14.585	18.951
6	drying 90%	3	17.558	14.367	18.867
7	drying 80%	3.5	17.646	14.212	18.841
8	drying 70%	4	17.668	14.126	19.004
9	drying 60%	4.5	17.731	14.023	18.973
10	Inisial	5	17.778	13.725	18.903

(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

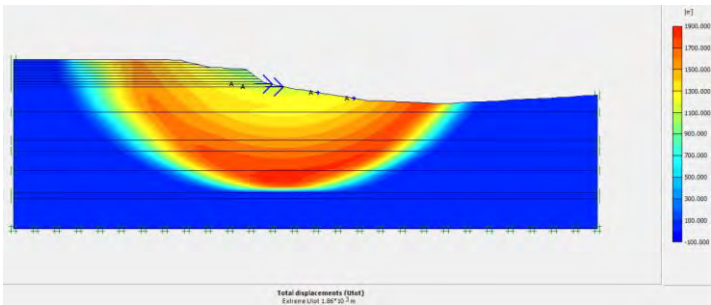
Tabel 4.200 Data parameter mekanis tanah natural + biobakteri untuk kondisi 10 ruas B2

Layer	Kondisi 10	Kedalaman dari permukaan tanah (m)	c' (kN/m ²)	Ø (°)	E (kPa)	ν
1	drying 100%	0.5	274.745	0.000	5865.000	0.224
2	drying 100%	1	274.745	0.000	5865.000	0.224
3	drying 100%	1.5	274.745	0.000	5865.000	0.224
4	drying 100%	2	274.745	0.000	5865.000	0.224
5	drying 100%	2.5	274.745	0.000	5865.000	0.224
6	drying 90%	3	250.242	0.000	5865.000	0.222
7	drying 80%	3.5	206.106	0.000	5865.000	0.221
8	drying 70%	4	176.696	0.000	5865.000	0.225
9	drying 60%	4.5	169.235	0.000	5865.000	0.224
10	Inisial	5	147.400	2.600	15660.630	0.223

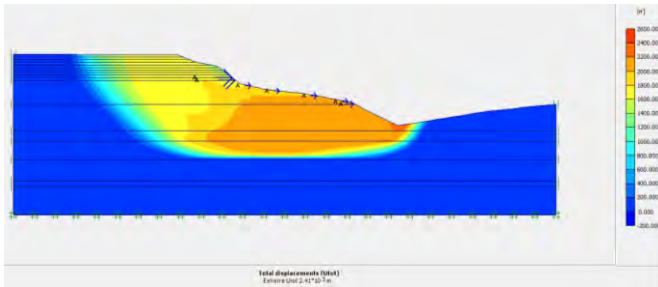
(Sumber : Oktavianto, Amalia, Septiasari, Safitri, Safitri, Pratito, 2014)

Dari data dan pengkondisian 10 didapatkan parameter tanah tiap layer pada tanah permukaan dan besarnya tegangan geser kritis setiap titik kedalaman. Dari data kondisi 10 tersebut menjadi *input* pada program *Plaxis* dan *Geo-Slope*.

Gambar 4.361 dan gambar 4.362 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 10. Dari hasil analisis dengan *plaxis* diperoleh SF = 1.1904 pada ruas B1 dan SF = 1.051 pada ruas B2.

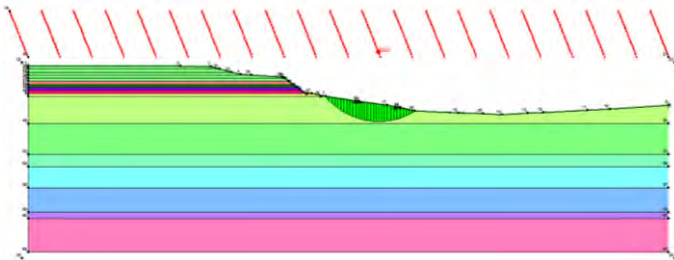


Gambar 4.361 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 10 pada ruas B1 (SF= 1.1904)

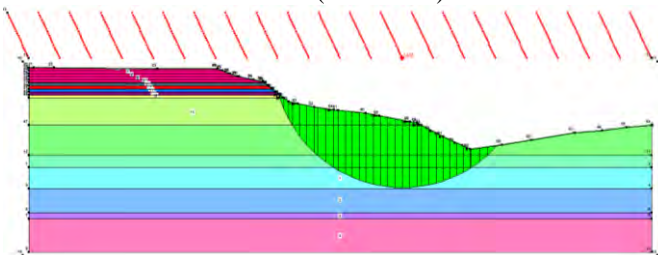


Gambar 4.362 Bidang kelongsoran hasil *Plaxis* kondisi 10 pada ruas B2 (SF= 1.051)

Gambar 4.363 dan gambar 4.364 merupakan bidang longsor pada tanggul tanah natural + biobakteri pada kondisi 10. Dari hasil analisis dengan *geo-slope* diperoleh SF = 3.030 pada ruas B1 dan SF = 1.473 pada ruas B2.



Gambar 4.363 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 10 pada ruas B1 (SF= 3.030)



Gambar 4.364 Bidang kelongsoran hasil *geo-slope* kondisi 10 pada ruas B2 (SF= 1.473)

4.9 Hasil Perhitungan Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural

Dari hasil perhitungan nilai angka keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural menggunakan program Plaxis dan Geo-Slope didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.201 Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural	
			Plaxis	Geo-Slope
Ruas B1	1	8	0.9703	1.201
	2	7.5	1.0087	1.271
	3	7	1.0148	1.335
	4	6.5	1.0248	1.423
	5	6	1.0308	1.585
	6	5.5	1.0428	1.786
	7	5	1.0585	2.001
	8	4.5	1.0693	2.226
	9	4	1.0754	2.478
	10	3.5	1.082	2.732

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.202 Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural ruas B2

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural	
			Plaxis	Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	0.9617	1.052
	2	13	0.8764	1.062
	3	12.5	0.8942	1.075
	4	12	0.9984	1.092
	5	11.5	1.0042	1.112
	6	11	1.0077	1.14
	7	10.5	1.0145	1.175
	8	10	1.0225	1.218
	9	9.5	1.0318	1.265
	10	9	1.0421	1.315

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari hasil perhitungan, semakin tinggi muka air tanggul semakin kecil nilai angka keamanannya, karena beban arus akibat tegangan geser kritis tanah yang bekerja pada permukaan tanggul lebih besar. Semakin turun muka air sungai semakin besar nilai angka keamanannya karena beban arus yang bekerja pada permukaan lebih sedikit.

4.10 Hasil Perhitungan Nilai Angka Akibat Pembasahan dan Pengerinan Keamanan Tanah Natural + Kapur

Dari hasil perhitungan nilai angka keamanan Akibat Pembasahan dan Pengerinan Tanah Natural + Kapur menggunakan program Plaxis dan Geo-Slope didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.203 Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengerinan Tanah Natural + Kapur ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air di dasar sungai (m)	SF Tanah Natural + Kapur	
			Plaxis	Geo-Slope
Ruas B1	1	8	1.1683	2.348
	2	7.5	1.1734	2.429
	3	7	1.1805	2.542
	4	6.5	1.1909	3.019
	5	6	1.1997	3.022
	6	5.5	1.2092	3.025
	7	5	1.2187	3.031
	8	4.5	1.2334	3.041
	9	4	1.2434	3.048
	10	3.5	1.2566	3.094

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.204 Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + Kapur ruas B2

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air di dasar sungai (m)	SF Tanah Natural + Kapur	
			Plaxis	Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	1.0589	1.401
	2	13	1.0654	1.422
	3	12.5	1.0691	1.422
	4	12	1.0729	1.427
	5	11.5	1.0784	1.442
	6	11	1.0846	1.455
	7	10.5	1.0906	1.473
	8	10	1.0976	1.472
	9	9.5	1.1064	1.503
	10	9	1.113	1.503

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari hasil perhitungan, semakin tinggi muka air tanggul semakin kecil nilai angka keamanannya, karena beban arus akibat tegangan geser kritis tanah yang bekerja pada permukaan tanggul lebih besar. Semakin turun muka air sungai semakin besar nilai angka keamanannya karena beban arus yang bekerja pada permukaan lebih sedikit.

4.11 Hasil Perhitungan Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + *Fly ash*

Dari hasil perhitungan nilai angka keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + *Fly ash* menggunakan program Plaxis dan Geo-Slope didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.205 Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + *Fly ash* ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>	
			Plaxis	Geo-Slope
Ruas B1	1	8	1.0842	1.443
	2	7.5	1.0935	1.521
	3	7	1.108	1.617
	4	6.5	1.1263	1.749
	5	6	1.1466	1.887
	6	5.5	1.1597	2.041
	7	5	1.1774	2.207
	8	4.5	1.1867	2.392
	9	4	1.1953	2.688
	10	3.5	1.2017	3.005

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.206 Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + *Fly ash* ruas B2

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>	
			Plaxis	Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	1.0309	1.283
	2	13	1.0342	1.32
	3	12.5	1.0372	1.365
	4	12	1.0413	1.393
	5	11.5	1.0428	1.413
	6	11	1.0454	1.428
	7	10.5	1.0494	1.45
	8	10	1.054	1.465
	9	9.5	1.0592	1.457
	10	9	1.0649	1.434

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari hasil perhitungan, semakin tinggi muka air tanggul semakin kecil nilai angka keamanannya, karena beban arus akibat tegangan geser kritis tanah yang bekerja pada permukaan tanggul

lebih besar. Semakin turun muka air sungai semakin besar nilai angka keamanannya karena beban arus yang bekerja pada permukaan lebih sedikit.

4.12 Hasil Perhitungan Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + Biobakteri

Dari hasil perhitungan nilai angka keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + Biobakteri menggunakan program Plaxis dan Geo-Slope didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.207 Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + Biobakteri ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural + Biobakteri	
			Plaxis	Geo-Slope
Ruas B1	1	8	1.1008	1.466
	2	7.5	1.1083	1.543
	3	7	1.1225	1.638
	4	6.5	1.1362	1.784
	5	6	1.1514	2.073
	6	5.5	1.1644	2.377
	7	5	1.1732	2.735
	8	4.5	1.1787	3.013
	9	4	1.1848	3.015
	10	3.5	1.1904	3.03

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.208 Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural + Biobakteri ruas B2

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural + Biobakteri	
			Plaxis	Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	1.0106	1.171
	2	13	1.0128	1.222
	3	12.5	1.0206	1.256
	4	12	1.0269	1.305
	5	11.5	1.0359	1.372
	6	11	1.0402	1.385
	7	10.5	1.0427	1.401
	8	10	1.044	1.411
	9	9.5	1.0469	1.429
	10	9	1.051	1.473

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari hasil perhitungan, semakin tinggi muka air tanggul semakin kecil nilai angka keamanannya, karena beban arus akibat tegangan geser kritis tanah yang bekerja pada permukaan tanggul lebih besar. Semakin turun muka air sungai semakin besar nilai angka keamanannya karena beban arus yang bekerja pada permukaan lebih sedikit.

4.13 Perbandingan Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural dengan Tanah Natural + Kapur

Hasil perhitungan nilai angka keamanan akibat pembasahan dan pengeringan Tanah Natural dengan Tanah Natural + Kapur terlampir sebagai berikut.

Tabel 4.209 Hasil nilai angka keamanan tanah natural dan tanah natural + kapur ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural		SF Tanah Natural + Kapur	
			Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope
Ruas B1	1	8	0.9703	1.201	1.1683	2.348
	2	7.5	1.0087	1.271	1.1734	2.429
	3	7	1.0148	1.335	1.1805	2.542
	4	6.5	1.0248	1.423	1.1909	3.019
	5	6	1.0308	1.585	1.1997	3.022
	6	5.5	1.0428	1.786	1.2092	3.025
	7	5	1.0585	2.001	1.2187	3.031
	8	4.5	1.0693	2.226	1.2334	3.041
	9	4	1.0754	2.478	1.2434	3.048
	10	3.5	1.082	2.732	1.2566	3.094

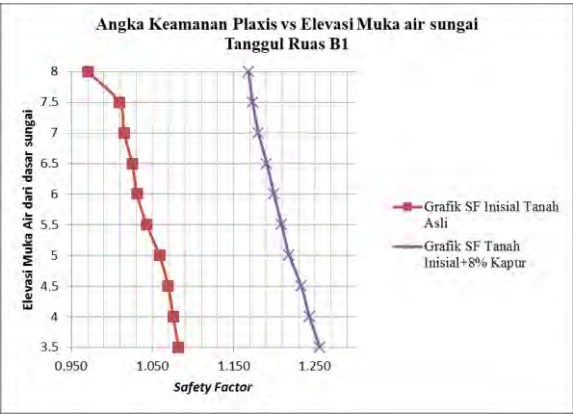
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.210 Hasil nilai angka keamanan tanah natural dan tanah natural + kapur ruas B2

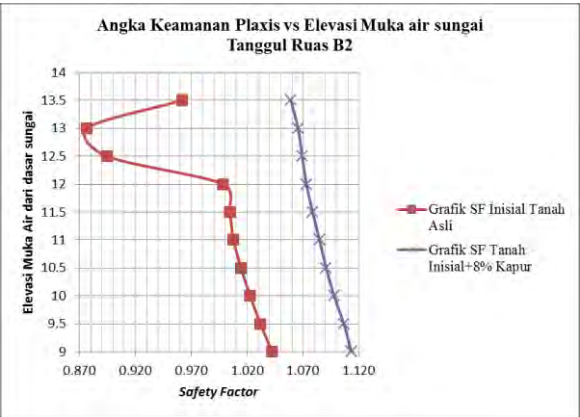
Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural		SF Tanah Natural + Kapur	
			Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	0.9617	1.052	1.0589	1.401
	2	13	0.8764	1.062	1.0654	1.422
	3	12.5	0.8942	1.075	1.0691	1.422
	4	12	0.9984	1.092	1.0729	1.427
	5	11.5	1.0042	1.112	1.0784	1.442
	6	11	1.0077	1.14	1.0846	1.455
	7	10.5	1.0145	1.175	1.0906	1.473
	8	10	1.0225	1.218	1.0976	1.472
	9	9.5	1.0318	1.265	1.1064	1.503
	10	9	1.0421	1.315	1.113	1.503

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

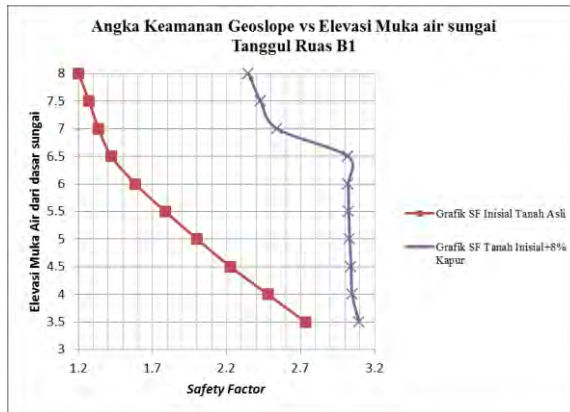
Tabulasi hasil perhitungan nilai angka keamanan dari tanah natural dan tanah natural + kapur di sajikan kedalam bentuk grafik pada gambar 4.365 sampai gambar 4.368



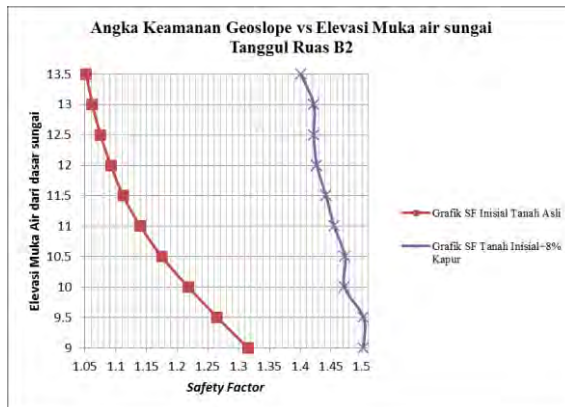
Gambar 4.365 Nilai angka keamanan Plaxis tanah natural dan tanah natural + kapur ruas B1



Gambar 4.366 Nilai angka keamanan Plaxis tanah natural dan tanah natural + kapur ruas B2



Gambar 4.367 Nilai angka keamanan Geo-Slope tanah natural dan tanah natural + kapur ruas B1



Gambar 4.368 Nilai angka keamanan Geo-Slope tanah natural dan tanah natural + kapur ruas B2

Dari grafik dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan kapur pada tanah natural meningkatkan nilai angka keamanan dari tanggul. Menurut (Oktavianto, Septiasari, Amalia, Pratito, Safitri, Safitri, 2014) tanah natural ditambah kapur meningkatkan persentase butiran kasar dan mengurangi

persentase butiran halus di dalam tanah, selain itu nilai plastisitas index dari tanah menurun. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai angka keamanan tanah natural+kapur lebih besar daripada angka keamanan tanah natural, hal ini sesuai dengan peningkatan paramater sifat fisik dan mekanik dari tanah tanggul tersebut.

4.14 Perbandingan Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural dengan Tanah Natural + *Fly ash*

Hasil perhitungan nilai angka keamanan akibat pembasahan dan pengeringan Tanah Natural dengan Tanah Natural + *fly ash* terlampir sebagai berikut.

Tabel 4.211 Hasil nilai angka keamanan tanah natural dan tanah natural + *fly ash* ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air di dasar sungai (m)	SF Tanah Natural		SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>	
			Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope
Ruas B1	1	8	0.9703	1.201	1.0842	1.443
	2	7.5	1.0087	1.271	1.0935	1.521
	3	7	1.0148	1.335	1.108	1.617
	4	6.5	1.0248	1.423	1.1263	1.749
	5	6	1.0308	1.585	1.1466	1.887
	6	5.5	1.0428	1.786	1.1597	2.041
	7	5	1.0585	2.001	1.1774	2.207
	8	4.5	1.0693	2.226	1.1867	2.392
	9	4	1.0754	2.478	1.1953	2.688
	10	3.5	1.082	2.732	1.2017	3.005

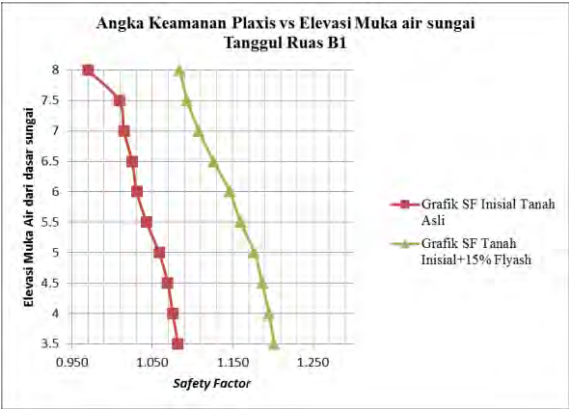
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.212 Hasil nilai angka keamanan tanah natural dan tanah natural + *fly ash* ruas B2

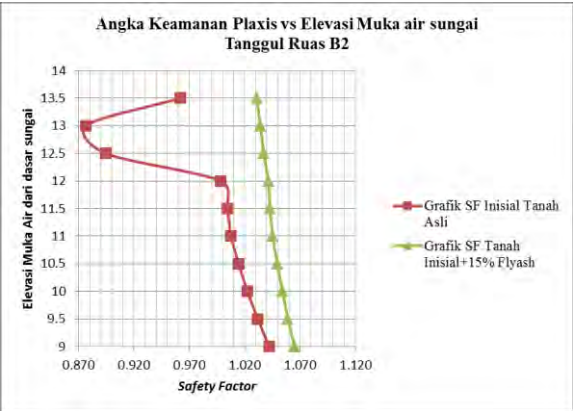
Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural		SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>	
			Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	0.9617	1.052	1.0309	1.283
	2	13	0.8764	1.062	1.0342	1.32
	3	12.5	0.8942	1.075	1.0372	1.365
	4	12	0.9984	1.092	1.0413	1.393
	5	11.5	1.0042	1.112	1.0428	1.413
	6	11	1.0077	1.14	1.0454	1.428
	7	10.5	1.0145	1.175	1.0494	1.45
	8	10	1.0225	1.218	1.054	1.465
	9	9.5	1.0318	1.265	1.0592	1.457
	10	9	1.0421	1.315	1.0649	1.434

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

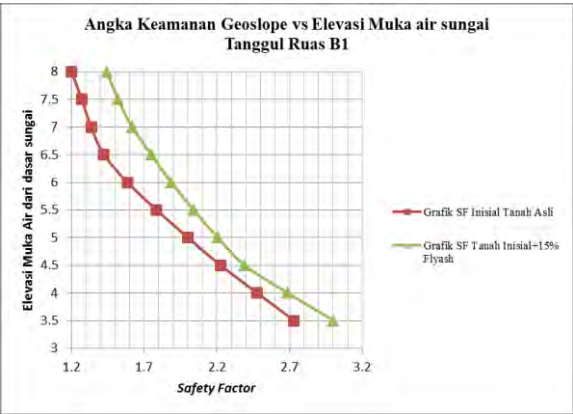
Tabulasi hasil perhitungan nilai angka keamanan dari tanah natural dan tanah natural + *fly ash* di sajikan kedalam bentuk grafik pada gambar 4.369 sampai gambar 4.372.



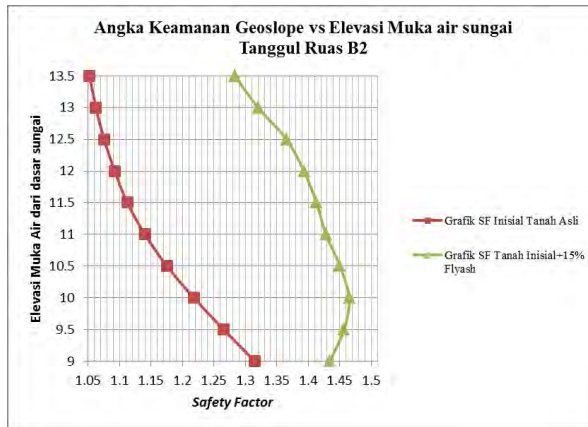
Gambar 4.369 Nilai angka keamanan Plaxis tanah natural dan tanah natural + *fly ash* ruas B1



Gambar 4.370 Nilai angka keamanan Plaxis tanah natural dan tanah natural + *fly ash* ruas B2



Gambar 4.371 Nilai angka keamanan Geo-Slope tanah natural dan tanah natural + *fly ash* ruas B1



Gambar 4.372 Nilai angka keamanan Geo-Slope tanah natural dan tanah natural + *fly ash* ruas B2

Dari grafik dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan *fly ash* pada tanah natural meningkatkan nilai angka keamanan dari tanggul. Menurut (Oktavianto, Septiasari, Amalia, Pratito, Safitri, Safitri, 2014) tanah natural ditambah *fly ash* meningkatkan persentase butiran kasar dan mengurangi persentase butiran halus di dalam tanah, selain itu nilai plastisitas index dari tanah menurun. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai angka keamanan tanah natural+ *fly ash* lebih besar daripada angka keamanan tanah natural, hal ini sesuai dengan peningkatan paramater sifat fisik dan mekanik dari tanah tanggul tersebut.

4.15 Perbandingan Nilai Angka Keamanan Akibat Pembasahan dan Pengeringan Tanah Natural dengan Tanah Natural + Bioakteri

Hasil perhitungan nilai angka keamanan akibat pembasahan dan pengeringan Tanah Natural dengan Tanah Natural + Biobakteri terlampir sebagai berikut.

Tabel 4.213 Hasil nilai angka keamanan tanah natural dan tanah natural + biobakteri ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural		SF Tanah Natural + Biobakteri	
			Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope
Ruas B1	1	8	0.9703	1.201	1.1008	1.466
	2	7.5	1.0087	1.271	1.1083	1.543
	3	7	1.0148	1.335	1.1225	1.638
	4	6.5	1.0248	1.423	1.1362	1.784
	5	6	1.0308	1.585	1.1514	2.073
	6	5.5	1.0428	1.786	1.1644	2.377
	7	5	1.0585	2.001	1.1732	2.735
	8	4.5	1.0693	2.226	1.1787	3.013
	9	4	1.0754	2.478	1.1848	3.015
	10	3.5	1.082	2.732	1.1904	3.03

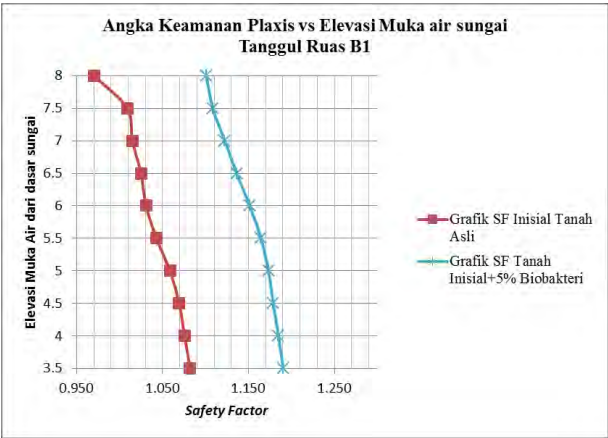
(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.214 Hasil nilai angka keamanan tanah natural dan tanah natural + biobakteri ruas B2

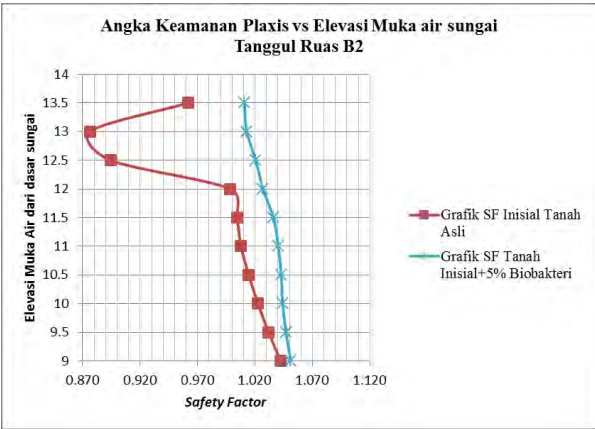
Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural		SF Tanah Natural + Biobakteri	
			Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	0.9617	1.052	1.0106	1.171
	2	13	0.8764	1.062	1.0128	1.222
	3	12.5	0.8942	1.075	1.0206	1.256
	4	12	0.9984	1.092	1.0269	1.305
	5	11.5	1.0042	1.112	1.0359	1.372
	6	11	1.0077	1.14	1.0402	1.385
	7	10.5	1.0145	1.175	1.0427	1.401
	8	10	1.0225	1.218	1.044	1.411
	9	9.5	1.0318	1.265	1.0469	1.429
	10	9	1.0421	1.315	1.051	1.473

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

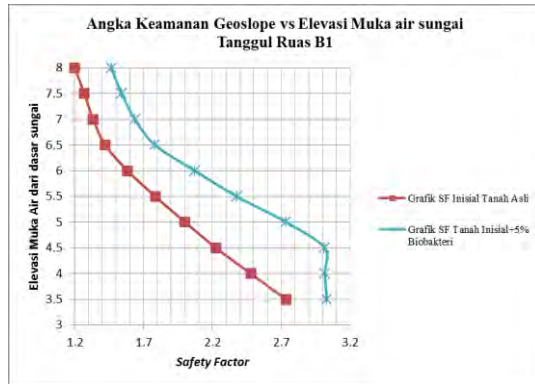
Tabulasi hasil perhitungan nilai angka keamanan dari tanah natural dan tanah natural + biobakteri di sajikan kedalam bentuk grafik pada gambar 4.373 sampai gambar 4.376.



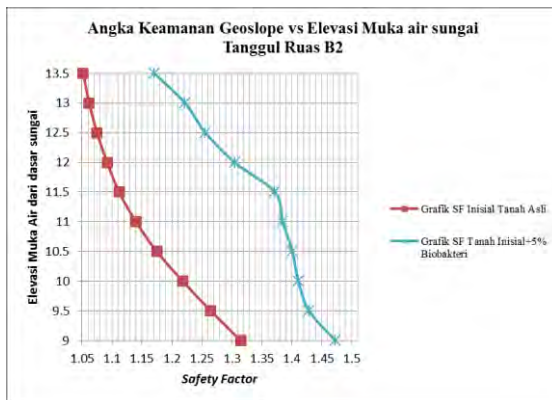
Gambar 4.373 Nilai angka keamanan Plaxis tanah natural dan tanah natural + biobakteri ruas B1



Gambar 4.374 Nilai angka keamanan Plaxis tanah natural dan tanah natural + biobakteri ruas B2



Gambar 4.375 Nilai angka keamanan Geo-Slope tanah natural dan tanah natural + biobakteri ruas B1



Gambar 4.376 Nilai angka keamanan Geo-Slope tanah natural dan tanah natural + biobakteri ruas B2

Dari grafik dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan biobakteri pada tanah natural meningkatkan nilai angka keamanan dari tanggul. Menurut (Oktavianto, Septiasari, Amalia, Pratito, Safitri, Safitri, 2014) tanah natural ditambah biobakteri meningkatkan persentase butiran kasar dan mengurangi persentase butiran halus di dalam tanah, selain itu nilai plastisitas index dari tanah menurun. Dari hasil perhitungan

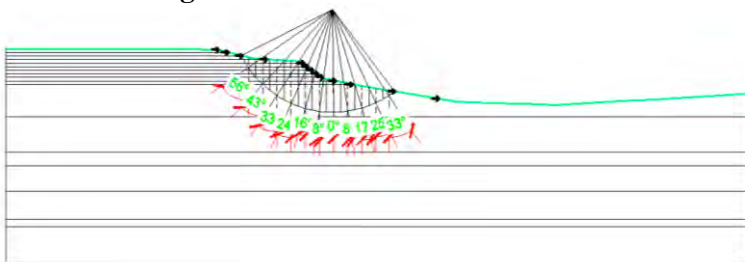
didapatkan nilai angka keamanan tanah natural+ biobakteri lebih besar daripada angka keamanan tanah natural, hal ini sesuai dengan peningkatan parameter sifat fisik dan mekanik dari tanah tanggul tersebut.

4.16 Perhitungan Manual Stabilitas Tanggul dengan Metode Fellenius

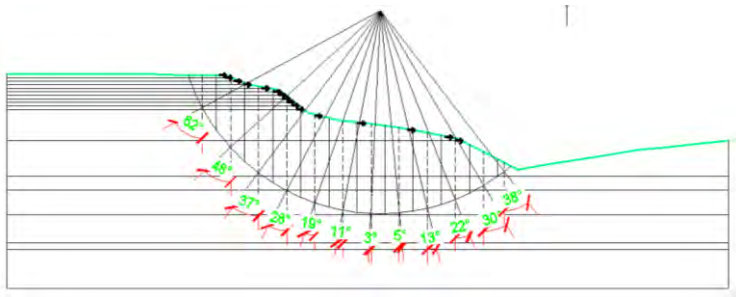
Perhitungan stabilitas tanggul manual dilakukan untuk mengetahui atau mengoreksi hasil dari perhitungan yang dilakukan oleh program sama atau mendekati dengan perhitungan manual. Pada perhitungan manual ini digunakan metode dari Fellenius dengan perbandingan program *Geo-Slope*. Program yang digunakan ini mempunyai kemudahan untuk mengoreksi karena mempunyai koordinat yang memudahkan untuk menggambar bidang longsor.

Perhitungan manual ini hanya mengambil kondisi tanah natural yang mengalami kondisi *drying-wetting* pada lokasi tanggul ruas B1 dan ruas B2 sungai Bengawan Solo, Bojonegoro. Irisan untuk lokasi tanggul ruas B1 dibagi menjadi per 2 meter sedangkan untuk lokasi tanggul ruas B2 dibagi menjadi per 4 meter dengan sudut alpha yang berbeda beda, setelah menggambar selesai maka menghitung tiap irisan yang kemudian dijumlah antara momen penahan dibagi momen penggerak.

4.16.1 Perhitungan manual tanah natural kondisi 1



Gambar 4.377 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 1



Gambar 4.378 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 1

Gambar 4.365 dan gambar 4.366 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 1 terlampir pada tabel 4.201 dan tabel 4.202

Tabel 4.215 Perhitungan manual tanah natural kondisi 1 ruas B1

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	135.994	0.048	-40.985	6.894
2	32.938	0.236	-84.899	9.007
3	29.247	0.914	94.490	
4	26.797	1.681	-112.991	
5	25.391	2.020	-58.598	23.651
6	24.659	2.227	-24.296	36.538
7	24.445	2.267	0.000	
8	24.709	2.129	17.826	12.179
9	25.504	1.678	29.382	
10	26.995	1.023	27.317	
11	23.397	8.351	9.520	
$\Sigma =$	400.075	22.574	-143.234	88.269
SF =	1.82567			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.216 Perhitungan manual tanah natural kondisi 1 ruas B2

Pias	c'. ΔL_n	W cos α . Tg ϕ	W sin α	P arus (kN)
1	179.193	2.889	-267.686	
2	79.885	46.462	-488.054	26.092
3	61.261	145.555	-475.669	20.749
4	80.983	190.913	-397.504	61.011
5	42.301	203.576	-255.371	17.001
6	40.712	206.957	-153.601	
7	40.045	207.651	-42.098	4.300
8	40.169	202.501	66.420	
9	41.109	97.054	119.537	4.287
10	43.053	171.208	198.564	8.327
11	71.126	107.718	144.106	
12	24.418	15.901	21.809	
$\Sigma =$	744.255	1598.387	-1529.547	141.766
SF =	1.40168			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

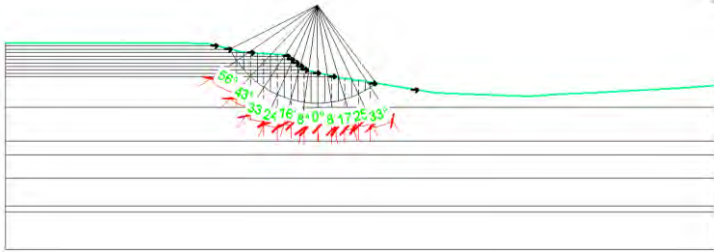
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\Sigma(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{400.075 + 22.574}{143.234 + 88.269} = 1.82567$$

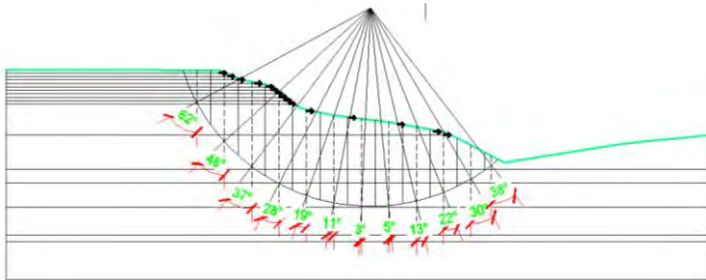
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\Sigma(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{744.255 + 1598.387}{1529.547 + 141.766} = 1.40168$$

4.16.2 Perhitungan manual tanah natural kondisi 2



Gambar 4.379 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 2



Gambar 4.380 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 2

Gambar 4.367 dan gambar 4.368 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 2 terlampir pada tabel 4.203 dan tabel 4.204

Tabel 4.217 Perhitungan manual tanah natural kondisi 2 ruas B1

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \emptyset$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	163.956	0.048	-41.058	6.894
2	32.938	0.236	-85.043	9.007
3	29.247	0.915	94.611	
4	26.797	1.682	-113.132	
5	25.391	2.021	-58.649	23.651
6	24.659	2.227	-24.309	36.538
7	24.445	2.267	0.000	
8	24.709	2.129	17.826	12.179
9	25.504	1.678	29.382	
10	26.995	1.023	27.317	
11	23.397	8.351	9.520	
$\Sigma =$	428.038	22.576	-143.535	88.269
SF =	1.94394			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.218 Perhitungan manual tanah natural kondisi 2 ruas B2

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \emptyset$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	189.201	2.889	-268.073	
2	79.885	46.463	-488.456	17.395
3	61.261	145.556	-475.907	20.749
4	80.983	190.914	-397.604	61.011
5	42.301	203.576	-255.372	17.001
6	40.712	206.957	-153.601	
7	40.045	207.651	-42.098	4.300
8	40.169	202.501	66.420	
9	41.109	97.054	119.537	4.287
10	43.053	171.208	198.564	8.327
11	71.126	107.718	144.106	
12	24.418	15.901	21.809	
$\Sigma =$	754.263	1598.388	-1530.675	133.068
SF =	1.41407			

e

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

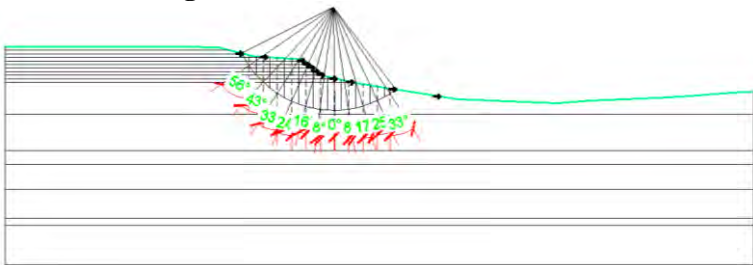
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{428.038 + 22.576}{143.535 + 88.269} = 1.94394$$

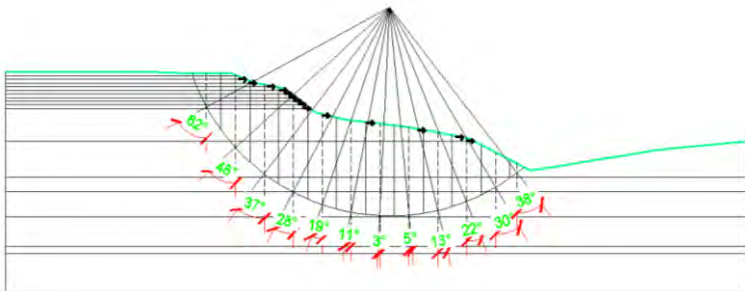
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{754.263 + 1598.388}{1530.675 + 133.068} = 1.41407$$

4.16.3 Perhitungan manual tanah natural kondisi 3



Gambar 4.381 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 3



Gambar 4.382 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 3

Gambar 4.369 dan gambar 4.370 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 3 terlampir pada tabel 4.205 dan tabel 4.206

Tabel 4.219 Perhitungan manual tanah natural kondisi 3 ruas B1

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \emptyset$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	185.103	0.048	-41.162	6.894
2	43.988	0.237	-85.247	9.007
3	29.247	0.915	94.781	
4	26.797	1.682	-113.329	
5	25.391	2.021	-58.720	23.651
6	24.659	2.227	-24.327	36.538
7	24.445	2.267	0.000	
8	24.709	2.129	17.828	12.179
9	25.504	1.678	29.382	
10	26.995	1.023	27.317	
11	23.397	8.351	9.520	
$\Sigma =$	460.235	22.578	-143.957	88.269
SF =	2.07906			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.220 Perhitungan manual tanah natural kondisi 3 ruas B2

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \emptyset$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	201.637	2.890	-268.465	
2	79.885	46.463	-488.862	8.697
3	61.261	145.556	-476.146	20.749
4	80.983	190.914	-397.706	61.011
5	42.301	203.576	-255.372	17.001
6	40.712	206.957	-153.601	
7	40.045	207.651	-42.098	4.300
8	40.169	202.501	66.420	
9	41.109	97.054	119.537	4.287
10	43.053	171.208	198.564	8.327
11	71.126	107.718	144.106	
12	24.418	15.901	21.809	
$\Sigma =$	766.699	1598.390	-1531.815	124.371
SF =	1.42803			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

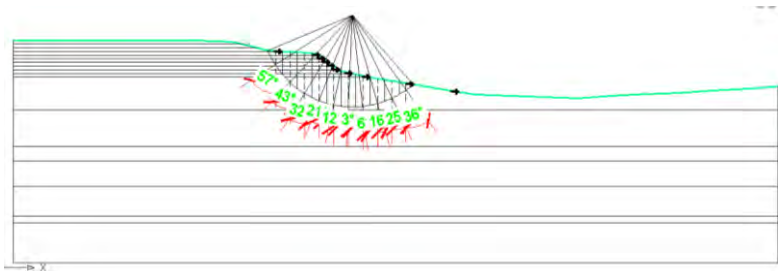
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{460.235 + 22.578}{143.957 + 88.269} = 2.07906$$

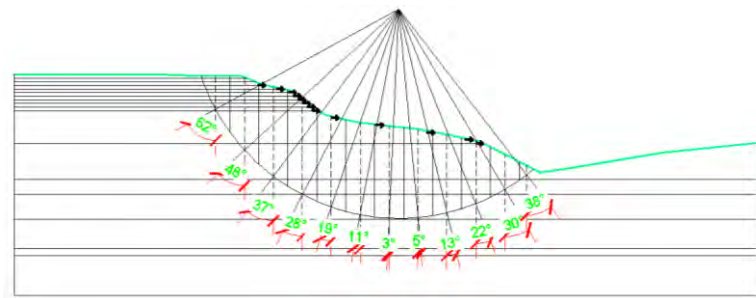
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{766.699 + 1598.390}{1531.815 + 124.371} = 1.42803$$

4.16.4 Perhitungan manual tanah natural kondisi 4



Gambar 4.383 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 4



Gambar 4.384 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 4

Gambar 4.371 dan gambar 4.372 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 4 terlampir pada tabel 4.207 dan tabel 4.208

Tabel 4.221 Perhitungan manual tanah natural kondisi 4 ruas B1

Pias	$c' \cdot \Delta L_n$	$W \cos \alpha \cdot Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	185.505	0.059	-51.900	6.715
2	34.222	0.443	-99.566	
3	29.247	1.246	102.139	
4	26.797	1.889	-76.119	22.974
5	25.391	2.229	-37.791	36.095
6	24.659	2.366	-8.159	12.280
7	24.445	2.290	14.450	0.312
8	24.709	1.880	30.879	
9	25.504	1.210	32.313	
10	26.995	0.375	15.613	
$\Sigma =$	427.474	13.986	-78.139	78.377
SF =	2.82054			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.222 Perhitungan manual tanah natural kondisi 4 ruas B2

Pias	$c' \cdot \Delta L_n$	$W \cos \alpha \cdot Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	220.542	2.890	-268.932	
2	79.885	46.464	-489.346	0.000
3	61.261	145.557	-476.432	20.749
4	80.983	190.914	-397.827	61.011
5	42.301	203.576	-255.373	17.001
6	40.712	206.957	-153.601	
7	40.045	207.651	-42.098	4.300
8	40.169	202.501	66.420	
9	41.109	97.054	119.537	4.287
10	43.053	171.208	198.564	8.327
11	71.126	107.718	144.106	
12	24.418	15.901	21.809	
$\Sigma =$	785.604	1598.393	-1533.174	115.674
SF =	1.44586			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

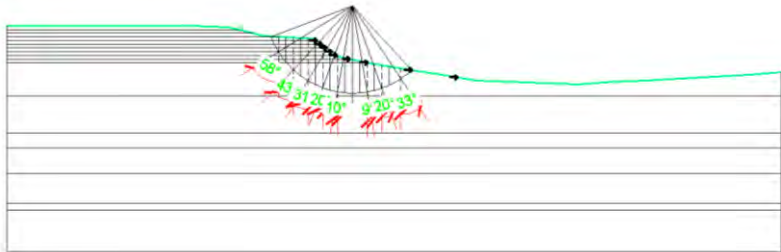
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{427.474 + 13.986}{78.139 + 78.377} = 2.82054$$

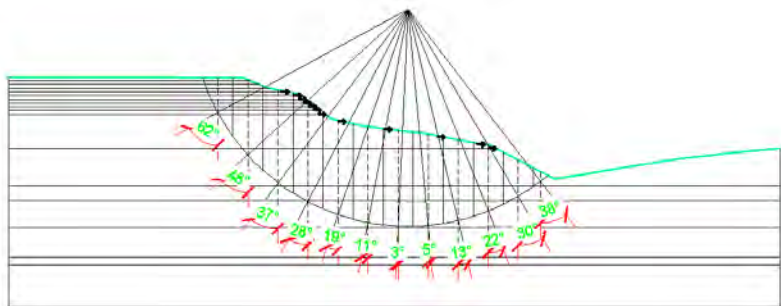
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{785.604 + 1598.393}{1533.174 + 115.674} = 1.44586$$

4.16.5 Perhitungan manual tanah natural kondisi 5



Gambar 4.385 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 5



Gambar 4.386 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 5

Gambar 4.373 dan gambar 4.374 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 5 terlampir pada tabel 4.209 dan tabel 4.210

Tabel 4.223 Perhitungan manual tanah natural kondisi 5 ruas B1

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	223.965	0.061	-56.363	
2	36.504	0.528	-103.428	
3	28.524	1.362	102.066	
4	26.041	1.961	-68.188	34.685
5	24.825	2.273	-28.801	24.226
6	24.444	2.374	0.000	12.296
7	24.786	2.237	23.144	0.500
8	25.951	1.638	34.150	
9	44.653	1.003	37.316	
$\Sigma =$	459.694	13.436	-60.103	71.707
SF =	3.58948			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.224 Perhitungan manual tanah natural kondisi 5 ruas B2

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	242.859	2.889	-267.686	
2	79.885	46.462	-488.054	0.000
3	61.261	145.555	-475.669	10.374
4	80.983	190.913	-397.504	61.011
5	42.301	203.576	-255.371	17.001
6	40.712	206.957	-153.601	
7	40.045	207.651	-42.098	4.300
8	40.169	202.501	66.420	
9	41.109	97.054	119.537	4.287
10	43.053	171.208	198.564	8.327
11	71.126	107.718	144.106	
12	24.418	15.901	21.809	
$\Sigma =$	807.921	1598.387	-1529.547	105.299
SF =	1.47189			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

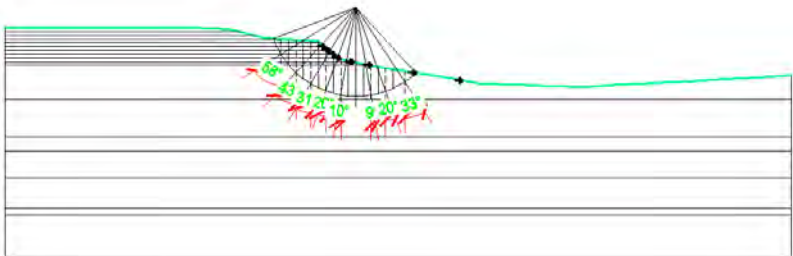
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \operatorname{tg} \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \operatorname{Parus}} = \frac{459.694 + 13.436}{60.103 + 71.707} = 3.58948$$

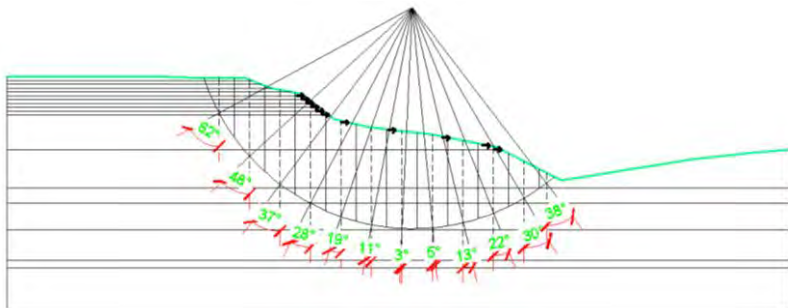
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \operatorname{tg} \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \operatorname{Parus}} = \frac{807.921 + 1598.387}{1529.547 + 105.299} = 1.47189$$

4.16.6 Perhitungan manual tanah natural kondisi 6



Gambar 4.387 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 6



Gambar 4.388 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 6

Gambar 4.375 dan gambar 4.376 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 6 terlampir pada tabel 4.211 dan tabel 4.212

Tabel 4.225 Perhitungan manual tanah natural kondisi 6 ruas B1

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha$	$T_g \emptyset$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	261.119	0.062		-56.489	
2	39.121	0.529		-103.615	
3	28.524	1.362		102.203	
4	26.041	1.961		-68.256	23.124
5	24.825	2.273		-28.815	24.226
6	24.444	2.374		0.000	12.296
7	24.786	2.237		23.151	0.500
8	25.951	1.638		34.150	
9	44.653	1.003		37.316	
$\Sigma =$	499.465	13.438		-60.354	60.146
SF =	4.25645				

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.226 Perhitungan manual tanah natural kondisi 6 ruas B2

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha$	$T_g \emptyset$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	275.151	2.891		-270.272	
2	79.885	46.466		-490.734	0.000
3	61.261	145.559		-477.253	0.000
4	80.983	190.915		-398.176	61.011
5	42.301	203.576		-255.375	17.001
6	40.712	206.957		-153.601	
7	40.045	207.651		-42.098	4.300
8	40.169	202.501		66.420	
9	41.109	97.054		119.537	4.287
10	43.053	171.208		198.564	8.327
11	71.126	107.718		144.106	
12	24.418	15.901		21.809	
$\Sigma =$	840.213	1598.399		-1537.074	94.925
SF =	1.49425				

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

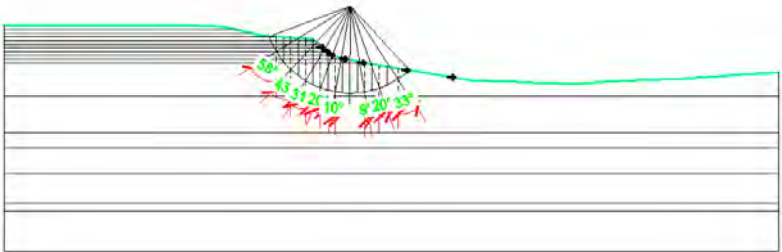
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{499.465 + 13.438}{60.354 + 60.146} = 4.25645$$

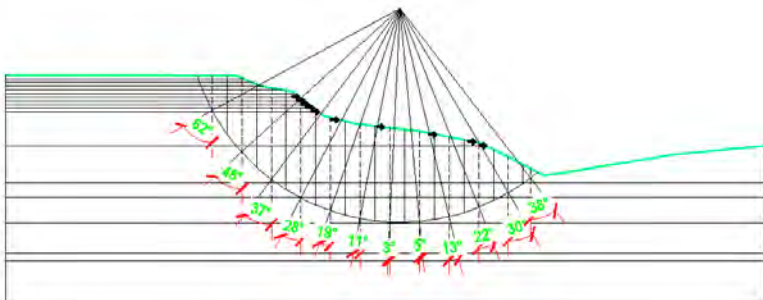
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{840.213 + 1598.399}{1537.074 + 94.925} = 1.49425$$

4.16.7 Perhitungan manual tanah natural kondisi 7



Gambar 4.389 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 7



Gambar 4.390 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 7

Gambar 4.377 dan gambar 4.378 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 7 terlampir pada tabel 4.213 dan tabel 4.214

Tabel 4.227 Perhitungan manual tanah natural kondisi 7 ruas B1

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha$	$Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	296.106	0.062		-56.603	
2	40.409	0.529		-103.784	
3	28.524	1.362		102.327	
4	26.041	1.962		-68.317	11.562
5	24.825	2.273		-28.828	24.226
6	24.444	2.374		0.000	12.296
7	24.786	2.237		23.157	0.500
8	25.951	1.638		34.150	
9	44.653	1.003		37.316	
$\Sigma =$	535.740	13.439		-60.582	48.584
SF =	5.03069				

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.228 Perhitungan manual tanah natural kondisi 7 ruas B2

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha$	$Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	316.778	2.892		-271.202	
2	79.885	46.468		-491.697	0.000
3	61.261	145.560		-477.822	0.000
4	80.983	190.916		-398.417	48.809
5	42.301	203.576		-255.376	17.001
6	40.712	206.957		-153.601	
7	40.045	207.651		-42.098	4.300
8	40.169	202.501		66.420	
9	41.109	97.054		119.537	4.287
10	43.053	171.208		198.564	8.327
11	71.126	107.718		144.106	
12	24.418	15.901		21.809	
$\Sigma =$	881.840	1598.404		-1539.778	82.723
SF =	1.52866				

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

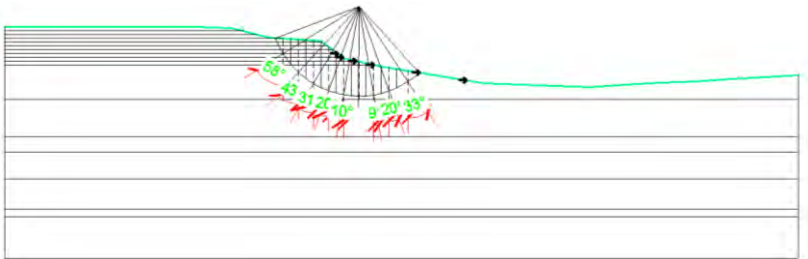
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{535.74 + 13.439}{60.582 + 48.584} = 5.03069$$

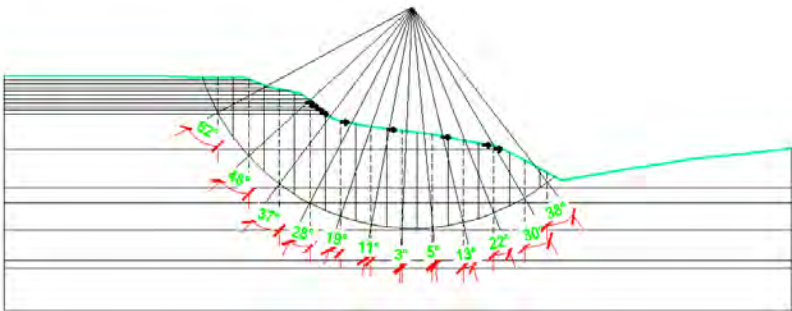
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{881.84 + 1598.778}{1539.778 + 82.723} = 1.52866$$

4.16.8 Perhitungan manual tanah natural kondisi 8



Gambar 4.391 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 8



Gambar 4.392 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 8

Gambar 4.379 dan gambar 4.380 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 8 terlampir pada tabel 4.215 dan tabel 4.216

Tabel 4.229 Perhitungan manual tanah natural kondisi 8 ruas B1

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha, Tg \emptyset$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	327.698	0.062	-56.701	
2	40.670	0.529	-103.930	
3	28.524	1.363	102.435	
4	26.041	1.962	-68.370	0.000
5	24.825	2.273	-28.840	24.226
6	24.444	2.374	0.000	12.296
7	24.786	2.237	23.164	0.500
8	25.951	1.638	34.150	
9	44.653	1.003	37.316	
$\Sigma =$	567.592	13.440	-60.776	37.022
SF =	5.94111			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.230 Perhitungan manual tanah natural kondisi 8 ruas B2

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha, Tg \emptyset$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	369.344	2.893	-272.246	
2	79.885	46.469	-492.779	0.000
3	61.261	145.562	-478.461	0.000
4	80.983	190.917	-398.689	36.607
5	42.301	203.576	-255.378	17.001
6	40.712	206.957	-153.601	
7	40.045	207.651	-42.098	4.300
8	40.169	202.501	66.420	
9	41.109	97.054	119.537	4.287
10	43.053	171.208	198.564	8.327
11	71.126	107.718	144.106	
12	24.418	15.901	21.809	
$\Sigma =$	934.406	1598.409	-1542.816	70.520
SF =	1.56992			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

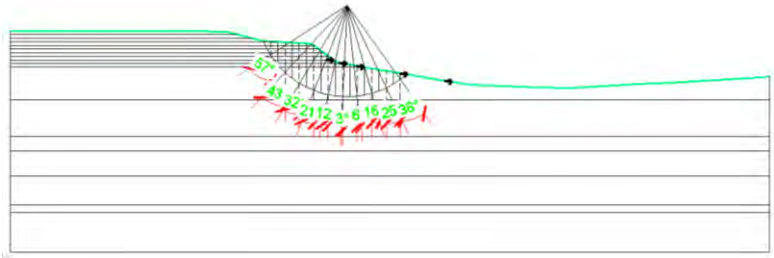
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{567.592 + 13.440}{60.776 + 37.022} = 5.94111$$

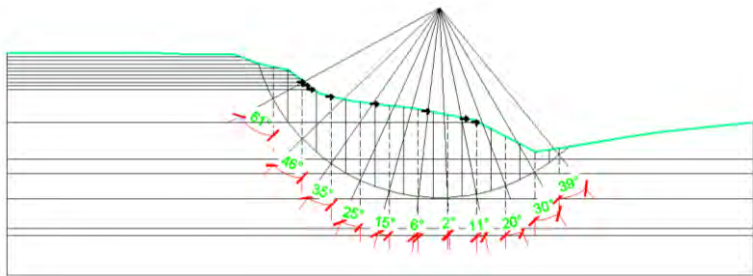
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{934.406 + 1598.409}{1542.816 + 70.520} = 1.56992$$

4.16.9 Perhitungan manual tanah natural kondisi 9



Gambar 4.393 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 9



Gambar 4.394 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 9

Gambar 4.381 dan gambar 4.382 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 9 terlampir pada tabel 4.217 dan tabel 4.218

Tabel 4.231 Perhitungan manual tanah natural kondisi 9 ruas B1

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	349.107	0.059	-52.058	
2	56.472	0.438	-99.866	
3	28.733	1.237	102.279	
4	26.265	1.876	-75.910	
5	24.983	2.215	-37.472	12.032
6	24.471	2.349	-8.079	12.280
7	24.598	2.267	14.284	0.309
8	25.396	1.862	30.590	
9	27.084	1.189	31.770	
10	27.695	0.360	14.964	
$\Sigma =$	614.804	13.852	-79.497	24.621
SF =	6.03791			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.232 Perhitungan manual tanah natural kondisi 9 ruas B2

Pias	$c'.\Delta L_n$	$W \cos \alpha. Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	287.013	6.094	-248.987	
2	60.636	73.792	-368.062	18.928
3	71.879	50.415	-325.198	10.158
4	45.431	105.637	-282.162	
5	41.491	122.631	-190.246	3.806
6	40.252	201.355	-78.574	4.309
7	40.035	196.686	24.860	
8	40.791	95.314	100.862	8.599
9	42.699	115.123	145.409	
10	65.023	51.418	130.348	
11	40.262	15.080	22.880	
$\Sigma =$	775.513	1033.546	-1068.871	45.800
SF =	1.62295			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

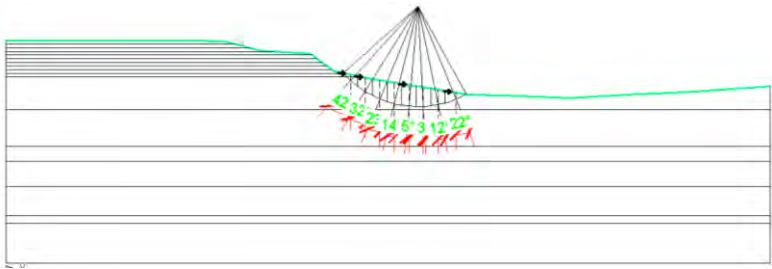
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{614.804 + 13.852}{79.497 + 24.621} = 6.03791$$

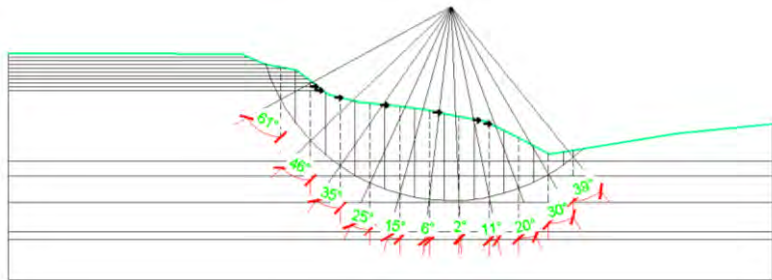
Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \text{tg } \phi)}{W_n \sin \alpha_n + \text{Parus}} = \frac{775.513 + 1033.546}{1068.871 + 45.800} = 1.62295$$

4.16.10 Perhitungan manual tanah natural kondisi 10



Gambar 4.395 Irisan pada tanggul ruas B1 kondisi 10



Gambar 4.396 Irisan pada tanggul ruas B2 kondisi 10

Gambar 4.383 dan gambar 4.384 merupakan irisan pada tanah tanggul lokasi ruas B1 dan ruas B2. Perhitungan manual angka keamanan pada kondisi 10 terlampir pada tabel 4.219 dan tabel 4.220.

Tabel 4.233 Perhitungan manual tanah natural kondisi 10 ruas B1

Pias	$c' \cdot \Delta L_n$	$W \cos \alpha \cdot Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	69.525	0.229	-17.592	9.152
2	28.851	0.915	-33.071	10.439
3	26.478	1.365	-33.199	
4	25.165	1.616	-23.080	
5	24.547	1.675	-8.397	2.438
6	24.482	1.515	4.547	
7	24.959	1.156	14.073	
8	38.367	0.682	15.796	2.282
$\Sigma =$	262.374	9.153	-80.923	24.311
SF =	2.5802			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.234 Perhitungan manual tanah natural kondisi 10 ruas B2

Pias	$c' \cdot \Delta L_n$	$W \cos \alpha \cdot Tg \phi$	$W \sin \alpha$	P arus (kN)
1	330.579	6.095	-249.883	
2	60.636	73.792	-368.436	12.618
3	71.879	50.415	-325.198	10.158
4	45.431	105.637	-282.162	
5	41.491	122.631	-190.246	3.806
6	40.252	201.355	-78.574	4.309
7	40.035	196.686	24.860	
8	40.791	95.314	100.862	8.599
9	42.699	115.123	145.409	
10	65.023	51.418	130.348	
11	40.262	15.080	22.880	
$\Sigma =$	819.078	1033.548	-1070.141	39.490
SF =	1.66959			

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Dari perhitungan tersebut didapat jumlah dari Gaya Penggerak dengan gaya penahan.

Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B1 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot tg \phi)}{W_n \sin \alpha_n + Parus} = \frac{262.374 + 9.153}{80.923 + 24.311} = 2.5802$$

Perhitungan angka keamanan tanggul ruas B2 sebagai berikut.

$$\frac{\sum(C.\Delta L_n + W_n \cdot \cos \alpha_n \cdot tg \phi)}{W_n \sin \alpha_n + Parus} = \frac{819.078 + 1033.548}{1070.141 + 39.49} = 1.66959$$

4.17 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Stabilitas Tanggul

Hasil perhitungan dari program bantu Plaxis dan Geo-Slope dapat dilihat pada rekapitulasi nilai *safety factor* dari tabel 4.221 sampai dengan tabel 4.222.

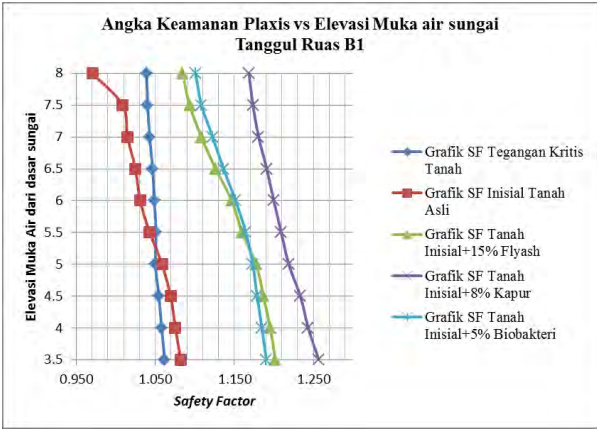
4.17.1 Hasil perhitungan dengan menggunakan program *Plaxis*

Hasil perhitungan dengan menggunakan program *plaxis* untuk lokasi tanggul ruas B1 dan ruas B2 terlampir pada tabel 4.221 dan tabel 4.226 mulai dari kondisi *drying-wetting* 1 sampai dengan kondisi *drying-wetting* 10.

Tabel 4.235 Nilai angka keamanan dari analisis perhitungan *Plaxis* lokasi ruas B1

Lokasi	Kondisi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tegangan Kritis Tanah Natural	SF Tanah Natural	SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>	SF Tanah Natural + Kapur	SF Tanah Natural + Biobakteri
B1	1	8	1.039	0.970	1.084	1.168	1.101
	2	7.5	1.040	1.009	1.094	1.173	1.108
	3	7	1.043	1.015	1.108	1.181	1.123
	4	6.5	1.047	1.025	1.126	1.191	1.136
	5	6	1.049	1.031	1.147	1.200	1.151
	6	5.5	1.051	1.043	1.160	1.209	1.164
	7	5	1.050	1.059	1.177	1.219	1.173
	8	4.5	1.055	1.069	1.187	1.233	1.179
	9	4	1.058	1.075	1.195	1.243	1.185
	10	3.5	1.062	1.082	1.202	1.257	1.190

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)



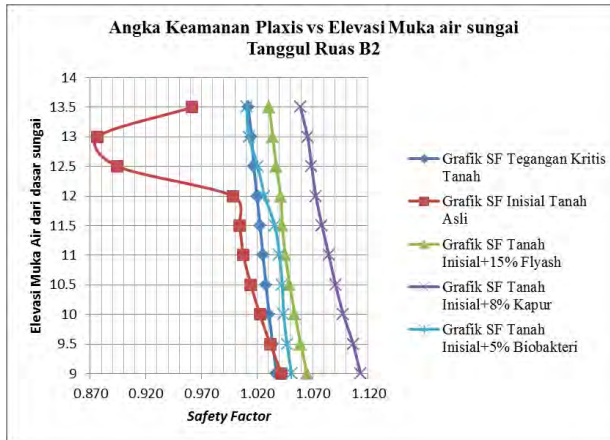
Gambar 4.397 Grafik perbandingan hasil perhitungan plaxis lokasi ruas B1

Dari hasil rekap analisis perhitungan menggunakan Plaxis didapatkan nilai *safety factor* (SF) yang paling kecil untuk tanah natural, tanah natural + kapur, tanah natural + *fly ash*, dan tanah natural + biobakteri untuk lokasi ruas B1 masing-masing yaitu 0.970, 1.084, 1.168, 1.101. Terjadi kenaikan *safety factor* (SF) setelah dilakukan stabilisasi dan nilai SF paling besar diperoleh dari tanah natural + kapur.

Tabel 4.236 Nilai angka keamanan dari analisis perhitungan *Plaxis* lokasi ruas B2

Lokasi	Kondisi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tegangan Kritis Tanah Natural	SF Tanah Natural	SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>	SF Tanah Natural + Kapur	SF Tanah Natural + Biobakteri
B2	1	13.5	1.012	0.962	1.031	1.059	1.011
	2	13	1.015	0.876	1.034	1.065	1.013
	3	12.5	1.017	0.894	1.037	1.069	1.021
	4	12	1.020	0.998	1.041	1.073	1.027
	5	11.5	1.023	1.004	1.043	1.078	1.036
	6	11	1.025	1.008	1.045	1.085	1.040
	7	10.5	1.028	1.015	1.049	1.091	1.043
	8	10	1.031	1.023	1.054	1.098	1.044
	9	9.5	1.034	1.032	1.059	1.106	1.047
	10	9	1.037	1.042	1.065	1.113	1.051

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)



Gambar 4.398 Grafik perbandingan hasil perhitungan plaxis lokasi ruas B2

Dari hasil rekap analisis perhitungan menggunakan Plaxis didapatkan nilai *safety factor* (SF) yang paling kecil untuk tanah natural, tanah natural + kapur, tanah natural + *fly ash*, dan tanah natural + biobakteri untuk lokasi ruas B2 masing-masing yaitu 0.962, 1.031, 1.059, 1.011. Terjadi kenaikan *safety factor* (SF) setelah dilakukan stabilisasi dan nilai SF paling besar diperoleh dari tanah natural + kapur, karena tanah yang distabilisasi dengan kapur menghasilkan nilai kohesi lebih besar daripada *fly ash* dan biobakteri sehingga kekuatan geser tanah lebih kuat.

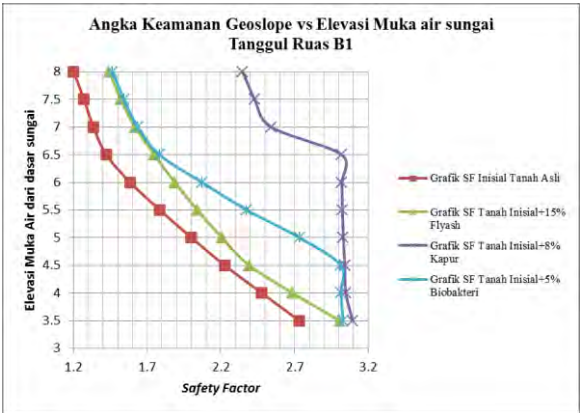
4.17.2 Hasil perhitungan dengan menggunakan program *Geo-Slope*

Hasil perhitungan dengan menggunakan program *geo-slope* untuk lokasi tanggul ruas B1 dan ruas B2 terlampir pada tabel 4.223 dan tabel 4.224, mulai dari kondisi *drying-wetting* 1 sampai dengan kondisi *drying-wetting* 10.

Tabel 4.237 Nilai angka keamanan dari analisis perhitungan *Geo-Slope* lokasi ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural	SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>	SF Tanah Natural + Kapur	SF Tanah Natural + Biobakteri
Ruas B1	1	8	1.201	1.443	2.348	1.466
	2	7.5	1.271	1.521	2.429	1.543
	3	7	1.335	1.617	2.542	1.638
	4	6.5	1.423	1.749	3.019	1.784
	5	6	1.585	1.887	3.022	2.073
	6	5.5	1.786	2.041	3.025	2.377
	7	5	2.001	2.207	3.031	2.735
	8	4.5	2.226	2.392	3.041	3.013
	9	4	2.478	2.688	3.048	3.015
	10	3.5	2.732	3.005	3.094	3.03

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)



Gambar 4.399 Grafik perbandingan hasil perhitungan Geo-slope lokasi ruas B1

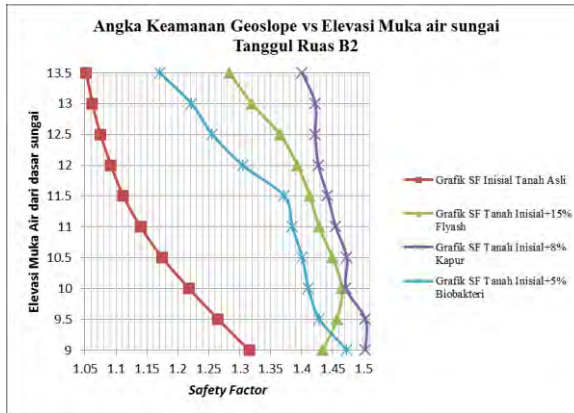
Dari hasil rekap analisis perhitungan menggunakan Geo-Slope didapatkan nilai *safety factor* (SF) yang paling kecil untuk

tanah natural, tanah natural + kapur, tanah natural + *fly ash*, dan tanah natural + biobakteri untuk lokasi ruas B1 masing-masing yaitu 1.201, 1.443, 2.348, 1.466. Terjadi kenaikan *safety factor* (SF) setelah dilakukan stabilisasi dan nilai SF paling besar diperoleh dari tanah natural + kapur, karena tanah yang distabilisasi dengan kapur menghasilkan nilai kohesi lebih besar daripada *fly ash* dan biobakteri sehingga kekuatan geser tanah lebih kuat.

Tabel 4.238 Nilai angka keamanan dari analisis perhitungan *Geo-Slope* lokasi ruas B2

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural	SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>	SF Tanah Natural + Kapur	SF Tanah Natural + Biobakteri
Ruas B2	1	13.5	1.052	1.283	1.401	1.171
	2	13	1.062	1.32	1.422	1.222
	3	12.5	1.075	1.365	1.422	1.256
	4	12	1.092	1.393	1.427	1.305
	5	11.5	1.112	1.413	1.442	1.372
	6	11	1.14	1.428	1.455	1.385
	7	10.5	1.175	1.45	1.473	1.401
	8	10	1.218	1.465	1.472	1.411
	9	9.5	1.265	1.457	1.503	1.429
	10	9	1.315	1.434	1.503	1.473

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)



Gambar 4.400 Grafik perbandingan hasil perhitungan Geo-slope lokasi ruas B2

Dari hasil rekap analisis perhitungan menggunakan Geo-Slope didapatkan nilai *safety factor* (SF) yang paling kecil untuk tanah natural, tanah natural + kapur, tanah natural + *fly ash*, dan tanah natural + biobakteri untuk lokasi ruas B2 masing-masing yaitu 1.052, 1.283, 1.401, 1.171. Terjadi kenaikan *safety factor* (SF) setelah dilakukan stabilisasi dan nilai SF paling besar diperoleh dari tanah natural + kapur.

4.17.3 Rekapitulasi perbandingan perhitungan dan pemodelan program

Hasil perhitungan dan pemodelan yang dilakukan oleh *Plaxis* dan *Geo-Slope* mempunyai nilai berbeda pada setiap kondisi, dapat dilihat pada tabel 4.225 untuk lokasi ruas B1 dan tabel 4.226 untuk lokasi ruas B2.

Tabel 4.239 Nilai angka keamanan dari analisis perhitungan *Plaxis* dan *Geo-Slope* lokasi ruas B1

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural		SF Tanah Natural + Kapur		SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>		SF Tanah Natural + Biobakteri	
			Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope
Ruas B1	1	8	0.9703	1.201	1.1683	2.348	1.0842	1.443	1.1008	1.466
	2	7.5	1.0087	1.271	1.1734	2.429	1.0935	1.521	1.1083	1.543
	3	7	1.0148	1.335	1.1805	2.542	1.108	1.617	1.1225	1.638
	4	6.5	1.0248	1.423	1.1909	3.019	1.1263	1.749	1.1362	1.784
	5	6	1.0308	1.585	1.1997	3.022	1.1466	1.887	1.1514	2.073
	6	5.5	1.0428	1.786	1.2092	3.025	1.1597	2.041	1.1644	2.377
	7	5	1.0585	2.001	1.2187	3.031	1.1774	2.207	1.1732	2.735
	8	4.5	1.0693	2.226	1.2334	3.041	1.1867	2.392	1.1787	3.013
	9	4	1.0754	2.478	1.2434	3.048	1.1953	2.688	1.1848	3.015
	10	3.5	1.082	2.732	1.2566	3.094	1.2017	3.005	1.1904	3.03

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Tabel 4.240 Nilai angka keamanan dari analisis perhitungan *Plaxis* dan *Geo-Slope* lokasi ruas B2

Lokasi	Konfigurasi <i>Drying- Wetting</i>	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural		SF Tanah Natural + Kapur		SF Tanah Natural + <i>Fly ash</i>		SF Tanah Natural + Biobakteri	
			Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope	Plaxis	Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	0.9617	1.052	1.0589	1.401	1.0309	1.283	1.0106	1.171
	2	13	0.8764	1.062	1.0654	1.422	1.0342	1.32	1.0128	1.222
	3	12.5	0.8942	1.075	1.0691	1.422	1.0372	1.365	1.0206	1.256
	4	12	0.9984	1.092	1.0729	1.427	1.0413	1.393	1.0269	1.305
	5	11.5	1.0042	1.112	1.0784	1.442	1.0428	1.413	1.0359	1.372
	6	11	1.0077	1.14	1.0846	1.455	1.0454	1.428	1.0402	1.385
	7	10.5	1.0145	1.175	1.0906	1.473	1.0494	1.45	1.0427	1.401
	8	10	1.0225	1.218	1.0976	1.472	1.054	1.465	1.044	1.411
	9	9.5	1.0318	1.265	1.1064	1.503	1.0592	1.457	1.0469	1.429
	10	9	1.0421	1.315	1.113	1.503	1.0649	1.434	1.051	1.473

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

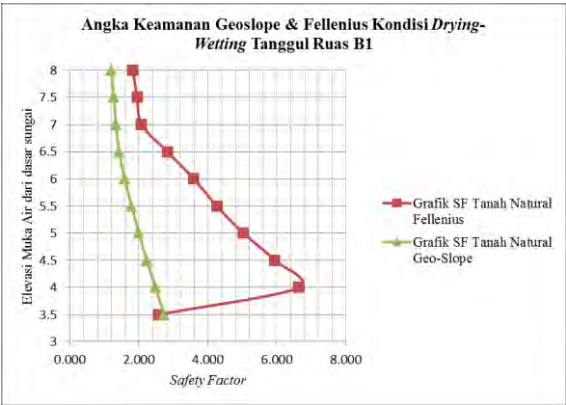
4.17.4 Rekapitulasi perhitungan manual metode Fellenius

Hasil perhitungan manual tanah natural dengan menggunakan metode Fellenius untuk lokasi tanggul ruas B1 dan ruas B2 terlampir pada tabel 4.227 dan tabel 4.228, mulai dari kondisi *drying-wetting* 1 sampai dengan kondisi *drying-wetting* 10.

Tabel 4.241 Nilai angka keamanan dari analisis perhitungan manual metode Fellenius lokasi ruas B1

Lokasi	Konfigurasi Drying-Wetting	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural Metode Fellenius	SF Tanah Natural Geo-Slope
Ruas B1	1	8	1.826	1.201
	2	7.5	1.944	1.271
	3	7	2.079	1.335
	4	6.5	2.821	1.423
	5	6	3.589	1.585
	6	5.5	4.256	1.786
	7	5	5.031	2.001
	8	4.5	5.941	2.226
	9	4	6.038	2.478
	10	3.5	2.580	2.732

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)



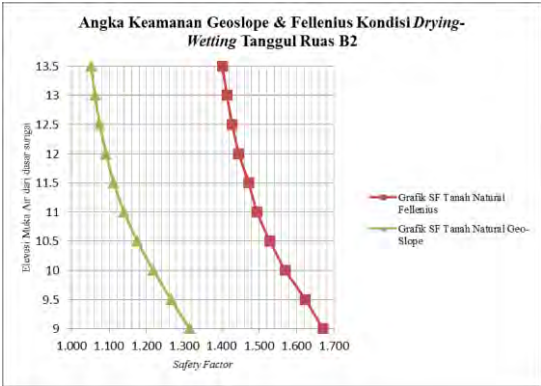
Gambar 4.401 Grafik perbandingan hasil perhitungan Manual dengan Geo-slope lokasi ruas B1

Dari hasil rekap analisis perhitungan manual menggunakan metode Fellenius didapatkan nilai *safety factor* (SF) yang paling kecil untuk tanah natural untuk lokasi ruas B1 yaitu 1.826. Nilai ini berbeda dengan nilai angka keamanan hasil perhitungan Geo-Slope, karena perhitungan geo-slope lebih teliti dari pada perhitungan manual.

Tabel 4.242 Nilai angka keamanan dari analisis perhitungan manual metode Fellenius lokasi ruas B2

Lokasi	Konfigurasi Drying-Wetting	Elevasi Muka Air dr dasar sungai (m)	SF Tanah Natural Metode Fellenius	SF Tanah Natural Geo-Slope
Ruas B2	1	13.5	1.402	1.052
	2	13	1.414	1.062
	3	12.5	1.428	1.075
	4	12	1.446	1.092
	5	11.5	1.472	1.112
	6	11	1.494	1.14
	7	10.5	1.529	1.175
	8	10	1.570	1.218
	9	9.5	1.623	1.265
	10	9	1.670	1.315

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)



Gambar 4.402 Grafik perbandingan hasil perhitungan Manual dengan Geo-slope lokasi ruas B2

Dari hasil rekap analisis perhitungan manual menggunakan metode Fellenius didapatkan nilai *safety factor* (SF) yang paling kecil untuk tanah natural untuk lokasi ruas B2 yaitu 1.402. Nilai berbeda dengan nilai angka keamanan hasil perhitungan Geo-Slope, karena perhitungan geo-slope lebih teliti dari pada perhitungan manual.

4.18 Analisis Stabilitas Tanggul berdasarkan Kecepatan Arus

Arus sungai merupakan salah satu faktor utama penyebab terjadinya kelongsoran pada tanggul. Pada perhitungan ini akan dibandingkan antara arus sungai yang terjadi dengan arus sungai kritis yang diasumsikan secara teoritis yang didapat dari rumus Shields.

Tanggul ruas B1 dan ruas B2 memiliki kedalaman air yang berbeda. Perhitungan kecepatan arus kritis tergantung dari kedalaman air sungai. Kedalaman air sungai yang dimodelkan disini disesuaikan dengan layer kondisi *drying-wetting* dihitung dari dasar sungai. Jadi, dalam perhitungan ini, untuk kondisi tanah natural, tanah natural ditambah kapur, tanah natural ditambah *flyash*, dan tanah natural ditambah biobakteri memiliki kecepatan kritis yang sama karena layer kondisi *drying-wetting* nya pun sama.

4.18.1 Kecepatan arus aktual dan teoritis Sungai Bengawan Solo

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Mahendra Andiek mengenai kecepatan arus sungai di Sungai Bengawan Solo, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.243 Hasil penelitian kecepatan arus sungai aktual di Sungai Bengawan Solo

Tanggal	Kedalaman Air Sungai (m)	Kecepatan Air sungai (m/dtk)
25-Oct-13	3.10	0.11
6-Nov-13	5.40	0.11
21-Nov-13	6.52	0.30

5-Des-13	8.14	0.46
15-Jan-14	9.20	0.84
29-Jan-14	6.65	0.66
12-Feb-14	8.00	0.35
25-Feb-14	10.00	0.38
11-Mar-14	9.00	0.53
29-Mar-14	7.80	0.16
15-Apr-14	7.50	0.40
22-Apr-14	7.00	0.27
6-May-14	4.10	0.18
20-May-14	5.90	0.11

(Sumber : Andiek, 2014)

Penelitian di atas dilakukan di lokasi Sungai Bengawan Solo ruas B1, sedangkan untuk lokasi ruas B2 tidak dilakukan penelitian, jadi untuk lokasi ruas B1, kecepatan arus kritis akan dibandingkan dengan kecepatan arus aktual, sedangkan untuk lokasi ruas B2, kecepatan kritis arus sungai akan dibandingkan dengan kecepatan arus teoritis yang dihitung menggunakan rumus kecepatan Manning.

Untuk perhitungan kecepatan arus teoritis Sungai Bengawan Solo, diambil perhitungan untuk kedalaman air sungai 8 meter untuk ruas B1 dan kedalaman 13.5 meter untuk ruas B2.

a. Perhitungan kecepatan arus teoritis ruas B1

Diketahui koefisien kekasaran Manning dari sungai (n) yaitu 0.04 (saluran alam penampang tak teratur dengan palung sungai), nilai kemiringan dasar sungai (I) yaitu $I = 0.00001$ (Andiek, M .2014). Untuk nilai luas basah penampang sungai (A) dan keliling basah penampang sungai (P) didapatkan dari program bantu AutoCAD dengan mengukur penampang melintang dari sungai Bengawan Solo ruas B1.

- Menghitung jari-jari hidrolis penampang sungai

$$R = \frac{A}{P} = \frac{670.3452}{266.0227} = 2.52 \text{ m}$$

- Menghitung kecepatan arus sungai

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.04} (2.52)^{2/3} (0.00001)^{1/2}$$

$$V = 0.146 \text{ m/detik}$$

Perhitungan kecepatan arus sungai teoritis untuk tiap perubahan muka air pada ruas B1, dapat dilihat pada tabel 4.230.

Tabel 4.244 Perhitungan kecepatan arus tiap perubahan muka air ruas B1

Lokasi	h air dari dasar sungai (m)	n (saluran alam penampang tak teratur dengan palung sungai)	A (m ²)	P (m)	R (m)	I	V teoritis (m/detik)
B1	8	0.04	670.345	266.023	2.520	0.00001	0.146
	7.5		607.503	246.888	2.461	0.00001	0.144
	7		547.416	238.104	2.299	0.00001	0.138
	6.5		489.587	228.185	2.146	0.00001	0.132
	6		434.824	214.603	2.026	0.00001	0.127
	5.5		382.087	209.993	1.820	0.00001	0.118
	5		330.897	204.486	1.618	0.00001	0.109
	4.5		280.351	198.976	1.409	0.00001	0.099
	4		230.679	193.097	1.195	0.00001	0.089
	3.5		185.059	183.119	1.011	0.00001	0.080

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

- b. Perhitungan kecepatan arus teoritis ruas B2

Diketahui koefisien kekasaran Manning dari sungai (n) yaitu 0.04 (saluran alam penampang tak teratur dengan palung sungai), nilai kemiringan dasar sungai (I) yaitu $I = 0.00001$ (Andiek, M .2014). Untuk nilai luas basah penampang sungai (A) dan keliling basah penampang sungai (P) didapatkan dari program bantu AutoCAD dengan mengukur penampang melintang dari sungai Bengawan Solo ruas B2.

- Menghitung jari-jari hidrolis penampang sungai

$$R = \frac{A}{P} = \frac{888.8707}{284.2436} = 3.127 \text{ m}$$

- Menghitung kecepatan arus sungai

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.04} (3.127)^{2/3} (0.00001)^{1/2}$$

$$V = 0.169 \text{ m/detik}$$

Perhitungan kecepatan arus sungai teoritis untuk tiap perubahan muka air pada ruas B2, dapat dilihat pada tabel 4.231

Tabel 4.245 Perhitungan kecepatan arus tiap perubahan muka air ruas B2

Lokasi	h air dari dasar sungai (m)	n (saluran alam penampang tak teratur dengan palung sungai)	A (m ²)	P (m)	R (m)	I	V teoritis (m/detik)
B2	13.5	0.04	888.871	284.244	3.127	0.00001	0.169
	13		823.516	259.456	3.174	0.00001	0.171
	12.5		760.041	246.404	3.085	0.00001	0.168
	12		702.889	223.623	3.143	0.00001	0.170
	11.5		649.225	213.031	3.048	0.00001	0.166
	11		598.051	205.032	2.917	0.00001	0.161
	10.5		548.016	199.639	2.745	0.00001	0.155
	10		499.856	193.724	2.580	0.00001	0.149
	9.5		452.834	187.029	2.421	0.00001	0.143
	9		407.574	181.563	2.245	0.00001	0.136

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

4.18.2 Kecepatan Arus Kritis Sungai Bengawan Solo Ruas B1 dan Ruas B2

Pada perhitungan kecepatan arus kritis, diketahui nilai percepatan gravitasi (g) = 9.81 m/detik², kemiringan dasar sungai (I) = 0.00001, dan kedalaman air sungai (d) sesuai dengan perubahan muka air akibat *drying-wetting* pada tanah permukaan (-5 meter dari permukaan tanah).

- a. Kecepatan arus kritis ruas B1

Perhitungan dilakukan untuk kedalaman 8 meter dari dasar sungai.

$$V_* = \sqrt{gxdxI} = \sqrt{9.81 \times 8 \times 0.00001} = 0.028 \text{ m/detik}$$

Hasil perhitungan kecepatan arus kritis ruas B1 dapat dilihat pada tabel 4.232.

Tabel 4.246 Kecepatan arus kritis ruas B1

Lokasi	d (m)	V* (m/detik)
B1	8	0.028
	7.5	0.027
	7	0.026
	6.5	0.025
	6	0.024
	5.5	0.023
	5	0.022
	4.5	0.021
	4	0.020
	3.5	0.019

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Hasil perhitungan kecepatan arus kritis ruas B1 dibandingkan dengan kecepatan arus sungai aktual yang terjadi dilapangan. Jika $V_{\text{aktual}} > V_*$ maka tanah mulai tergerus oleh arus sungai. Hasil perbandingan kecepatan arus aktual dan kecepatan arus kritis ruas B1 dapat dilihat pada tabel 4.233

Tabel 4.247 Perbandingan V_{aktual} dan $V_{* \text{ruas B1}}$

Lokasi	h air dari dasar sungai (m)	V_{*} (m/detik)	V aktual (m/detik)	Keterangan
B1	8	0.028	0.35	Terjadi gerusan
	7.5	0.027	0.45	Terjadi gerusan
	7	0.026	0.27	Terjadi gerusan
	6.5	0.025	0.3	Terjadi gerusan
	6	0.024	0.11	Terjadi gerusan
	5.5	0.023	0.11	Terjadi gerusan
	5	0.022	0.11	Terjadi gerusan
	4.5	0.021	0.18	Terjadi gerusan
	4	0.020	0.18	Terjadi gerusan
	3.5	0.019	0.11	Terjadi gerusan

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

- b. Kecepatan arus kritis ruas B1

Perhitungan dilakukan untuk kedalaman 13.5 meter dari dasar sungai.

$$V_{*} = \sqrt{gxdxI} = \sqrt{9.81 \times 13.5 \times 0.00001} = 0.036 \text{ m/detik}$$

Hasil perhitungan kecepatan arus kritis ruas B2 dapat dilihat pada tabel 4.234.

Tabel 4.248 Kecepatan arus kritis ruas B2

Lokasi	d (m)	V* (m/detik)
B2	13.5	0.036
	13	0.036
	12.5	0.035
	12	0.034
	11.5	0.034
	11	0.033
	10.5	0.032
	10	0.031
	9.5	0.031
	9	0.030

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

Hasil perhitungan kecepatan arus kritis ruas B2 dibandingkan dengan kecepatan arus sungai teoritis karena kecepatan arus aktual tidak diketahui. Jika $V_{\text{teoritis}} > V^*$ maka tanah mulai tergerus oleh arus sungai. Hasil perbandingan kecepatan arus teoritis dan kecepatan arus kritis ruas B2 dapat dilihat pada tabel 4.235

Tabel 4.249 Perbandingan V_{teoritis} dan V^* ruas B2

Lokasi	h air dari dasar sungai (m)	V teoritis (m/detik)	V* (m/detik)	Keterangan
B2	13.5	0.169	0.036	Terjadi gerusan
	13	0.171	0.036	Terjadi gerusan
	12.5	0.168	0.035	Terjadi gerusan
	12	0.170	0.034	Terjadi

				gerusan
	11.5	0.166	0.034	Terjadi gerusan
	11	0.161	0.033	Terjadi gerusan
	10.5	0.155	0.032	Terjadi gerusan
	10	0.149	0.031	Terjadi gerusan
	9.5	0.143	0.031	Terjadi gerusan
	9	0.136	0.030	Terjadi gerusan

(Sumber : hasil perhitungan, 2014)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis perhitungan menggunakan program *Plaxis* dan *Geo-Slope* didapatkan:
 - Nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk tanah natural dari hasil *plaxis* 0.9703, sedangkan dari hasil *geo-slope* 1.201 pada lokasi ruas B1 dengan kedalaman muka air 8 m dari dasar sungai. Untuk lokasi ruas B2 nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk tanah natural dari hasil *plaxis* 0.9617, sedangkan dari hasil *geo-slope* 1.052 dengan kedalaman 13.5 m dari dasar sungai. *Safety factor* naik pada setiap penurunan muka air sungai. Kondisi paling aman terdapat pada kondisi *drying-wetting* 10. Muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai pada ruas B1 dengan SF dari hasil *plaxis* yaitu 1.082 dan SF dari hasil *geo-slope* yaitu 2.732. Untuk ruas B2 muka air berada pada kedalaman 9 m dari dasar sungai dengan SF dari hasil *plaxis* yaitu 1.0421, dan SF dari hasil *geo-slope* yaitu 1.315.
 - Nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk tanah natural + 8% kapur dari hasil *plaxis* 1.1683, sedangkan dari hasil *geo-slope* 2.348 pada lokasi ruas B1 dengan kedalaman muka air 8 m dari dasar sungai. Untuk lokasi ruas B2 nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk tanah natural + 6% Kapur dari hasil *plaxis* 1.0589, sedangkan dari hasil *geo-slope* 1.401 dengan kedalaman 13.5 m dari dasar sungai. *Safety factor* naik pada setiap penurunan muka air sungai. Kondisi paling aman terdapat pada kondisi *drying-wetting* 10. Muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai pada ruas B1 dengan SF dari hasil

plaxis yaitu 1.2566 dan SF dari hasil geo-slope yaitu 3.094. Untuk ruas B2 muka air berada pada kedalaman 9 m dari dasar sungai dengan SF dari hasil plaxis yaitu 1.113, dan SF dari hasil geo-slope yaitu 1.503.

- Nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk tanah natural + 15% *fly ash* dari hasil plaxis 1.0842, sedangkan dari hasil geo-slope 1.443 pada lokasi ruas B1 dengan kedalaman muka air 8 m dari dasar sungai. Untuk lokasi ruas B2 nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk tanah natural + 10% *fly ash* dari hasil plaxis 1.0309, sedangkan dari hasil geo-slope 1.283 dengan kedalaman 13.5 m dari dasar sungai. *Safety factor* naik pada setiap penurunan muka air sungai. Kondisi paling aman terdapat pada kondisi *drying-wetting* 10. Muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai pada ruas B1 dengan SF dari hasil plaxis yaitu 1.2017 dan SF dari hasil geo-slope yaitu 3.005. Untuk ruas B2 muka air berada pada kedalaman 9 m dari dasar sungai dengan SF dari hasil plaxis yaitu 1.0649, dan SF dari hasil geo-slope yaitu 1.434.
- Nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk tanah natural + 5% Biobakteri dari hasil plaxis 1.1008, sedangkan dari hasil geo-slope 1.466 pada lokasi ruas B1 dengan kedalaman muka air 8 m dari dasar sungai. Untuk lokasi ruas B2 nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk tanah natural + 7% Biobakteri dari hasil plaxis 1.0106, sedangkan dari hasil geo-slope 1.171 dengan kedalaman 13.5 m dari dasar sungai. *Safety factor* naik pada setiap penurunan muka air sungai. Kondisi paling aman terdapat pada kondisi *drying-wetting* 10. Muka air berada pada kedalaman 3.5 m dari dasar sungai pada ruas B1 dengan SF dari hasil plaxis yaitu 1.1904 dan SF dari hasil geo-slope yaitu 3.03. Untuk ruas B2 muka air berada pada kedalaman 9 m dari dasar sungai dengan SF dari hasil plaxis yaitu 1.051, dan SF dari hasil geo-slope yaitu 1.473.

2. Dari hasil analisis perhitungan manual menggunakan metode Fellenius terhadap tanah natural yang mengalami proses pengeringan dan pembasahan didapatkan nilai *safety factor* (SF) paling kritis untuk 1.826 pada lokasi ruas B1 dengan kedalaman muka air 8 m dari dasar sungai dan 1.402 pada lokasi ruas B2 dengan kedalaman 13.5 m dari dasar sungai dan *safety factor* naik pada setiap penurunan muka air sungai. Kondisi paling aman terdapat pada kondisi *drying-wetting* 9 yaitu muka air berada pada kedalaman 4 m dari dasar sungai dengan $SF = 6.038$ pada ruas B1 dan kondisi *drying-wetting* 10 yaitu muka air berada pada kedalaman 9 m dari dasar sungai dengan $SF = 1.670$ untuk ruas B2.
3. Hasil perhitungan manual dengan metode Fellenius untuk lokasi tanggul ruas B1 dan ruas B2 hasil nilai angka keamanan jauh dengan hasil nilai angka keamanan dari program *Geo-Slope*, karena program bantu memiliki ketelitian lebih baik dan kesalahan yang lebih sedikit dari pada perhitungan manual.
4. Terjadi peningkatan nilai *safety factor* dari tanggul setelah dilakukan stabilisasi menggunakan kapur, *fly ash*, dan biobakteri, dengan demikian kondisi tanah menjadi lebih aman setelah dilakukan stabilisasi. Nilai *safety factor* paling tinggi dihasilkan oleh stabilisator kapur, karena tanah natural yang diberi kapur memiliki nilai kohesi tinggi sehingga kekuatan geser dari tanah yang diberi kapur semakin baik dan kuat.
5. Dari hasil perhitungan kecepatan kritis arus sungai terhadap kedalaman muka air sungai dibandingkan dengan kecepatan aktual yang terjadi, kondisi tanah tanggul mengalami gerusan karena kecepatan kritis arus sungai yang mampu dipikul oleh tanggul lebih kecil dari pada kecepatan arus sungai yang terjadi di lapangan, sehingga kondisi tanggul tidak aman.

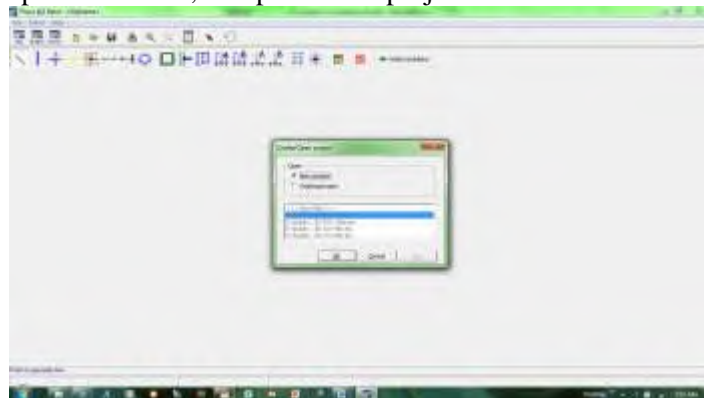
5.2 Saran

1. Pengujian tanah di lapangan untuk tanah kedalaman harus dilakukan di beberapa titik agar tingkat keakuratan data semakin baik.
2. Dalam menganalisis stabilitas tanggul pada lokasi ini diperlukan perhitungan manual selain PLAXIS, GEO-SLOPE sebagai validasi hasil dari perhitungan numerik.

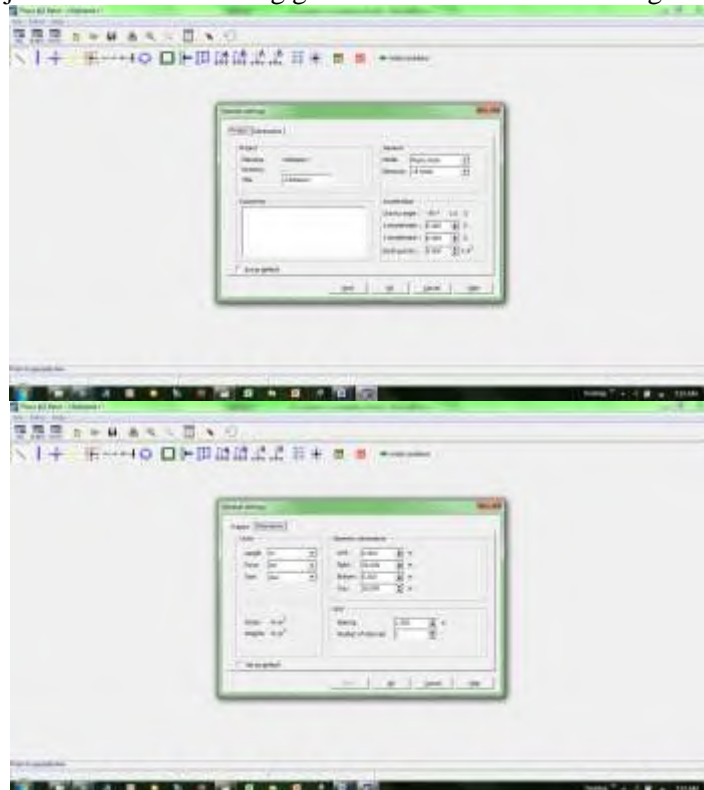
DRILLING LOG																						
Project No.		Project		PENELITIAN SUNGAI BENGAWAN		Type of Drilling		Rotary		Remarks												
Bore Hole No.		BH-2 (Utara Sungai)		SOLO		Date		22 s/d 25 SEPT. 2005		UD = Undisturb Sample												
Water Table		-4.5 m		Elevation		Driller		P. SAMPUN		CS = Core Sample												
										SPT = SPT Test												
Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test									
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			N - Value					
														15 cm	15 cm	15 cm						
0		0.00															0	10	20	30	40	50
1																						
2																						
3																						
4																						
5		-5.00	5.00		Pasir lanau berlempung	Coklat	Very loose to loose	SPT = 7			-3.00		7	2	3	4						
6											-4.50											
7											-5.00	UD-1										
8											-6.00		8	2	4	4						
9											-6.15	SPT-2										
10		-9.50	4.50		Lempung berpasir	Coklat	Medium	SPT = 8			-9.00		8	1	3	5						
11											-9.15	SPT-3										
12											-10.00	UD-2										
13											-12.00		8	2	3	5						
14											-12.15	SPT-4										
15		-14.50	5.00		Pasir lempung berlanau	Coklat	Very loose to loose	SPT = 8			-14.50											
16											-15.00	UD-3										
17		-16.50	2.00		Lempung	Coklat	Soft	SPT = 3			-15.15	SPT-5		3	1	1	2					
18											-18.00		7	2	3	4						
19											-18.15	SPT-6										
20		-20.00	3.50		Lempung	Abu-abu	Medium	SPT = 7			-19.50											
21											-20.00	UD-4										
22											-21.00		6	1	3	3						
23											-21.15	SPT-7										
24		-24.00	4.00		Lempung	Hitam	Medium	SPT = 6			-24.00		12	3	6	6						
25		-25.00	1.00		Lempung berpasir	Abu-abu	Stiff	SPT = 12			-24.15	SPT-8										
26											-25.00	UD-5										
27											-27.00		10	3	4	6						
28											-27.15	SPT-9										
29											-29.50											
30		-30.50	5.50		Lempung	Abu-abu	Stiff	SPT Between 10 to 12			-30.00	UD										

LANGKAH-LANGKAH PEMODELAN TANGGUL PROGRAM PLAXIS

1. Buka program Plaxis pada windows, lalu pilih “new project”



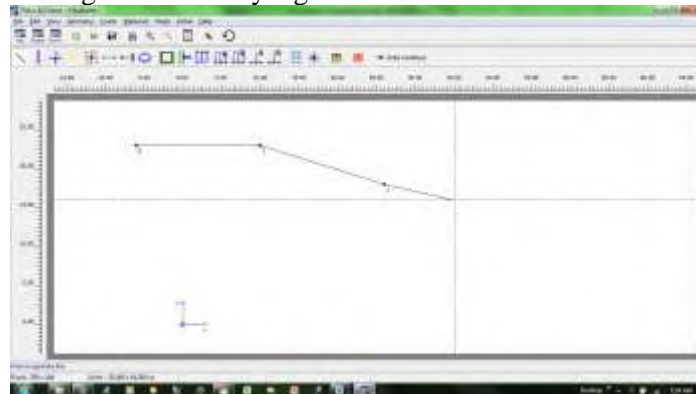
2. Masukkan nama project dan dimensi bidang gambar dimana model akan digambar



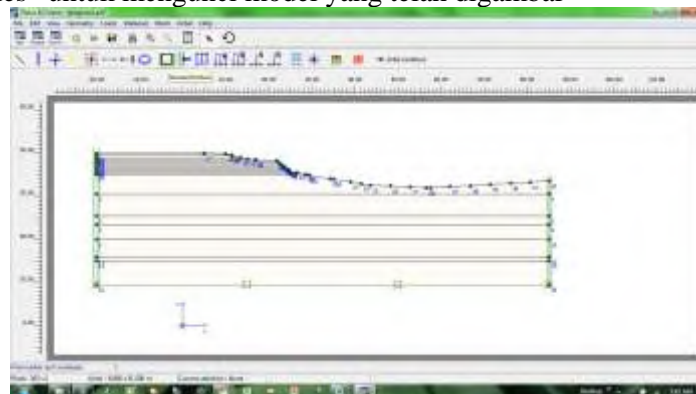
3. Pilih “geometri line” untuk menggambar geometri tanggul



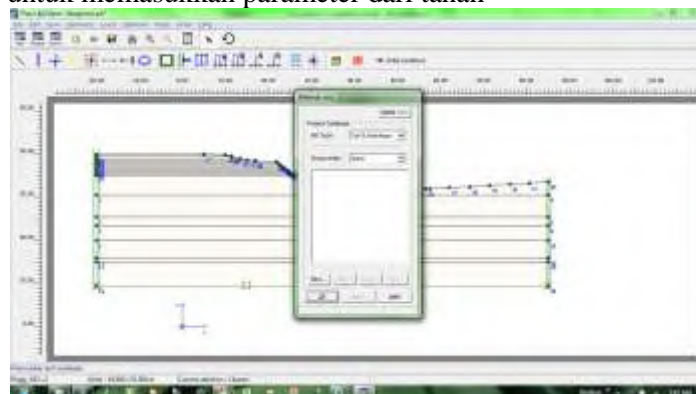
4. Gambar tanggul sesuai dengan koordinat yang telah ditentukan



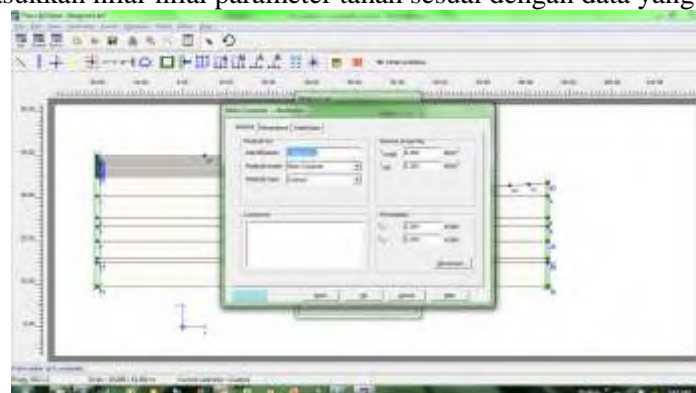
5. Pilih “standard fixities” untuk mengunci model yang telah digambar

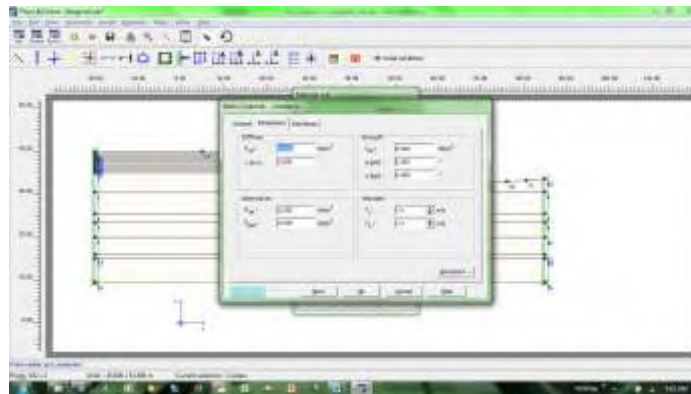


6. Pilih “material sets” untuk memasukkan parameter dari tanah

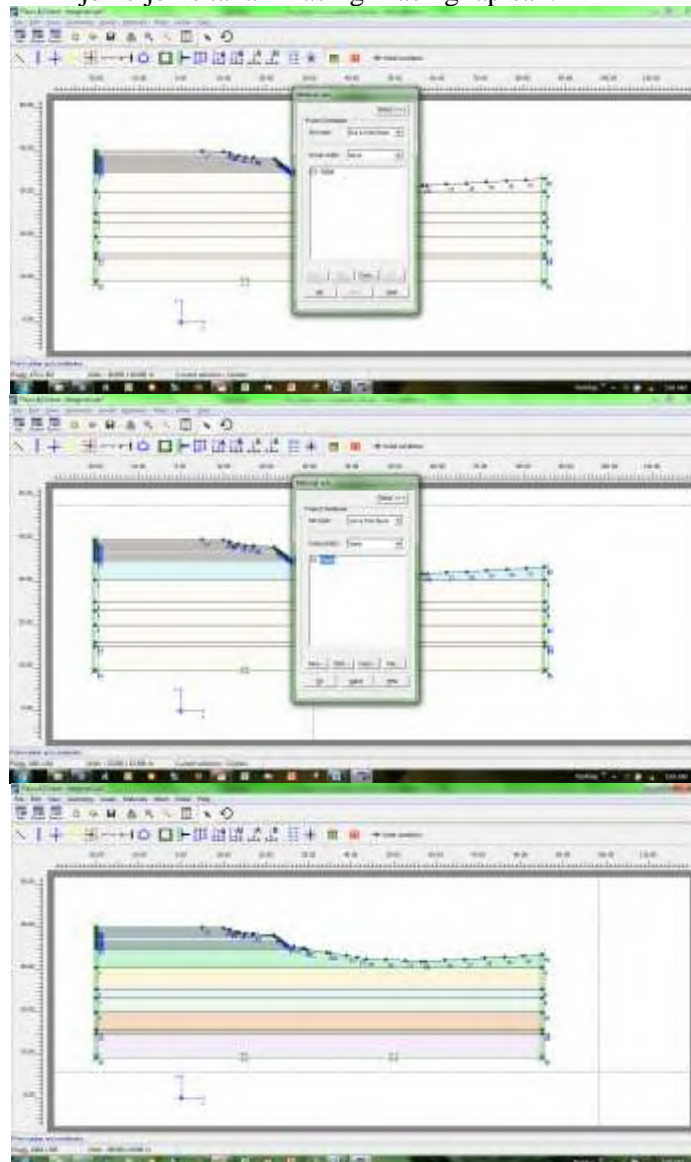


7. Pilih “new”, lalu masukkan nilai-nilai parameter tanah sesuai dengan data yang telah diketahui

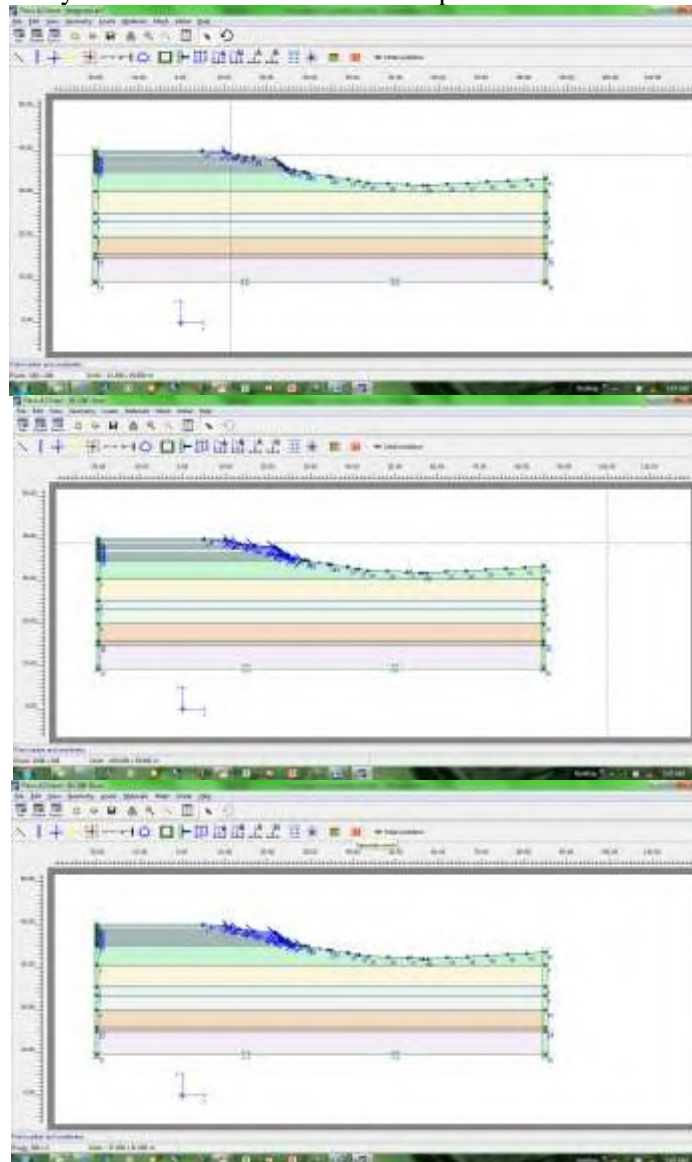




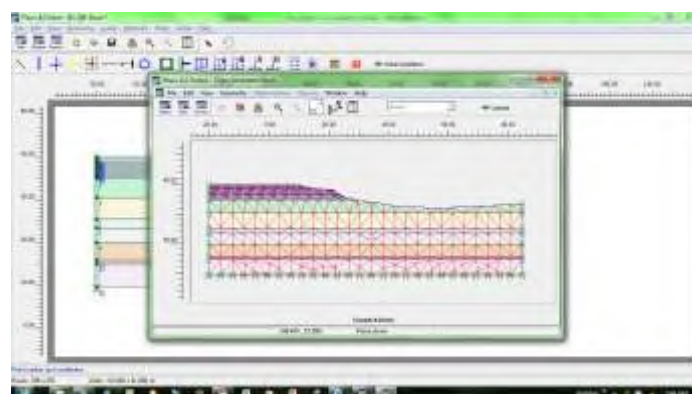
8. Drag material tanah yang telah dibuat ke dalam geometri tanggul menggunakan cursor sehingga geometri tanggul memiliki jenis-jenis tanah masing-masing lapisan.



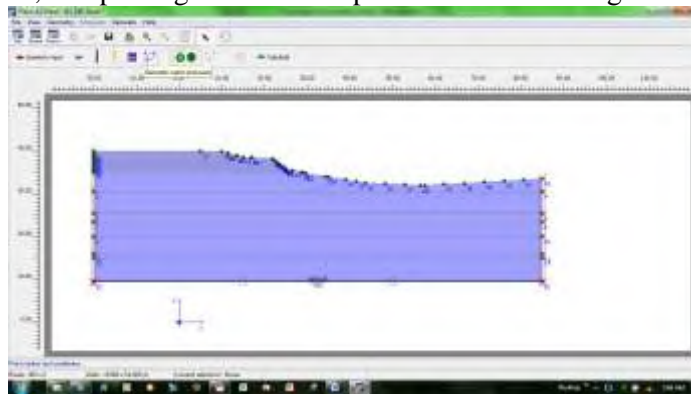
9. Pilih “point loads - load system A” untuk memasukkan input beban arus



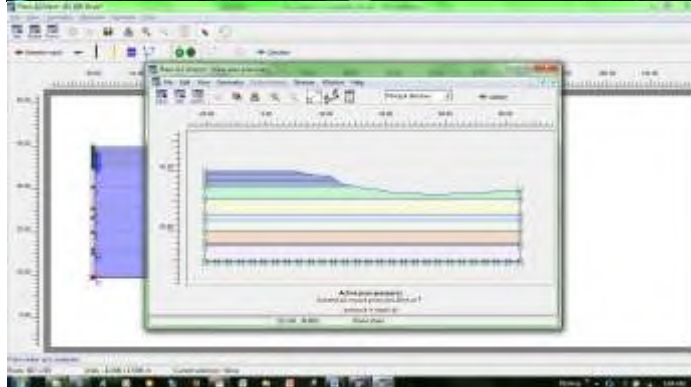
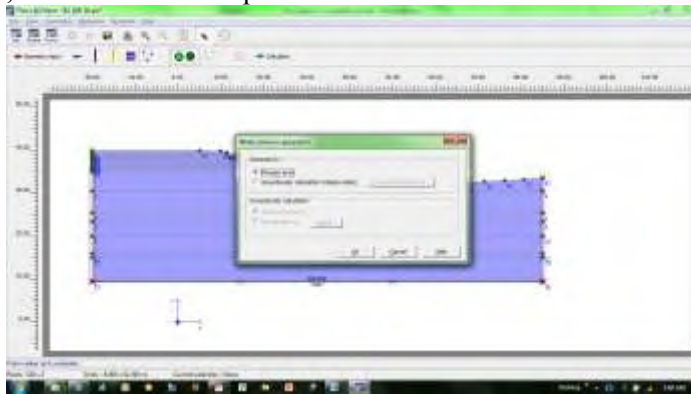
10. Pilih “generate mesh” untuk meshing (menentukan titik-titik elemen) pemodelan yang telah digambar



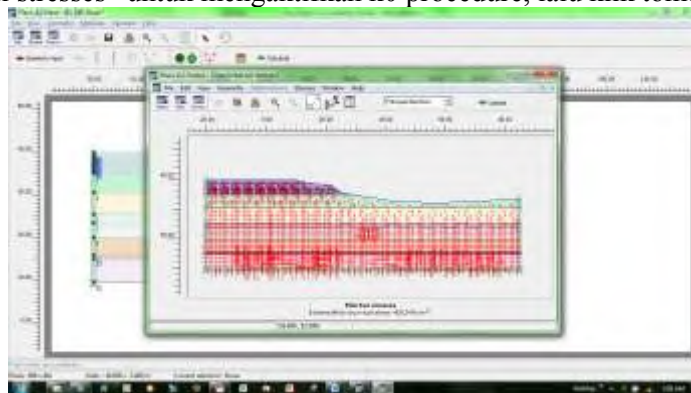
11. Pilih “initial condition”, lalu pilih “generate water pressures” untuk mengecek tekanan air pada tanah



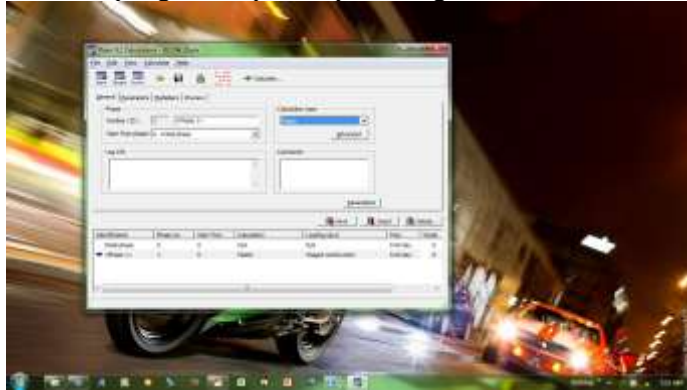
12. Pilih “phreatic level”, lalu klik tombol “update”



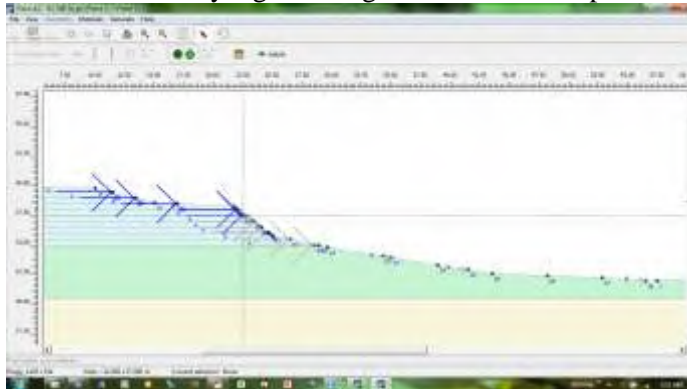
13. Pilih “generate initial stresses” untuk mengaktifkan k0 procedure, lalu klik tombol “update”



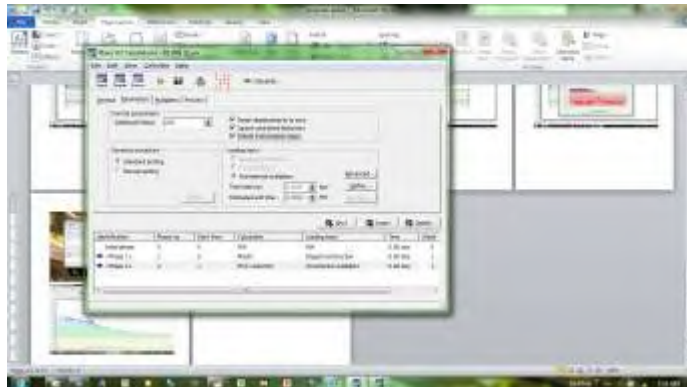
14. Pilih “calculate” untuk masuk pengaturan proses perhitungan model



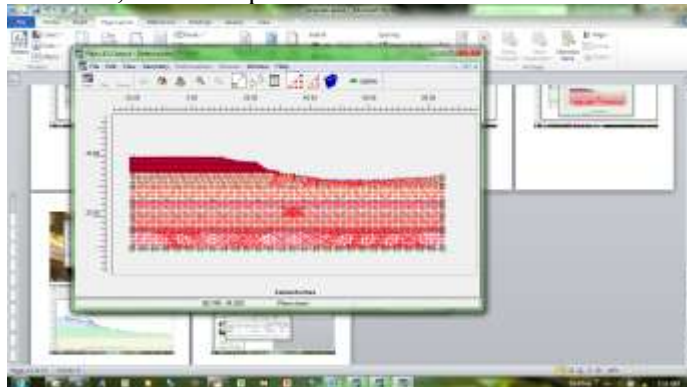
15. Pilih “new”, lalu pada phase no. 1 pilih “plastic” pada “calculation type”, masuk menu “parameter”, pilih “define” dan aktifkan beban arus yang telah digambar lalu klik “update”.



16. Pilih “new”, lalu phase no. 2 pilih “phi/c reduction” pada “calculation type”, masuk menu parameter, centang “reset displacements to zero”, “ignore underdrained behaviour”, dan “delete intermediate steps”.



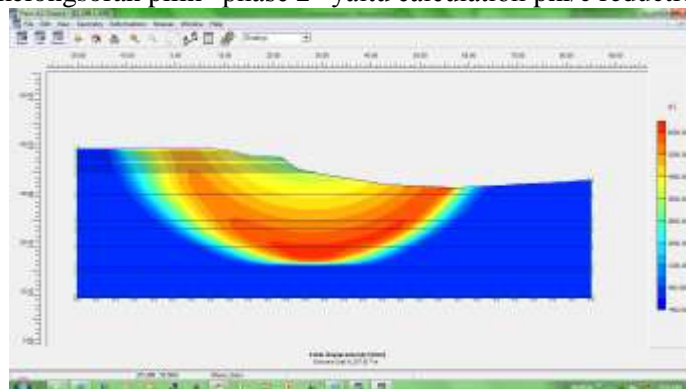
17. Pilih “select points for curves”, lalu kli “update”



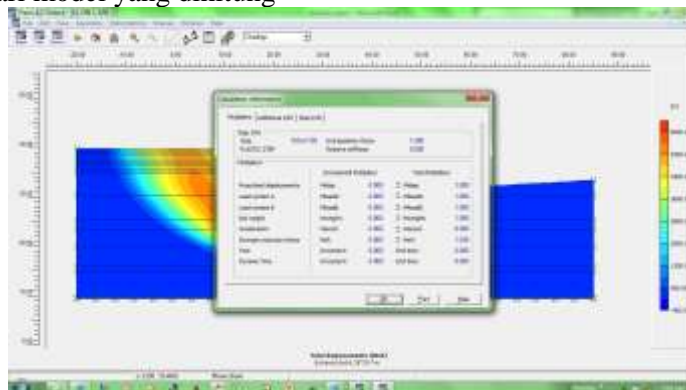
18. Pilih “calculate” untuk memulai perhitungan model



19. Untuk melihat hasil kelongsoran pilih “phase 2” yaitu calculation phi/c reduction, lalu klik “output”

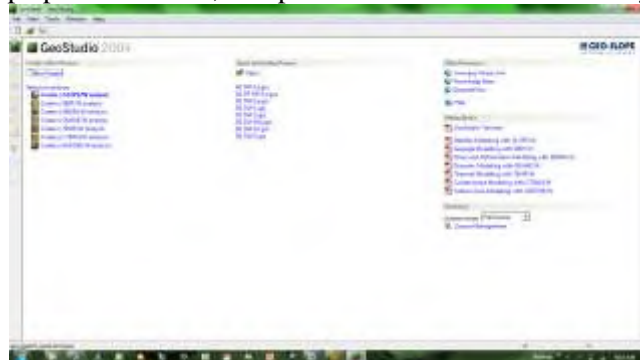


20. Untuk melihat nilai SF, pilih “view” pada output lalu pilih “calculation info”, lihat angka pada Msf, itu adalah nilai SF dari model yang dihitung



LANGKAH-LANGKAH PEMODELAN TANGGUL PROGRAM GEO-SLOPE

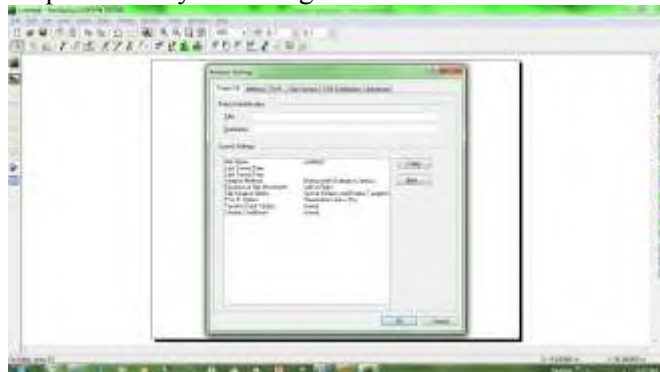
1. Buka program Geo-Slope pada windows, lalu pilih “Create a SLOPE/W analysis”



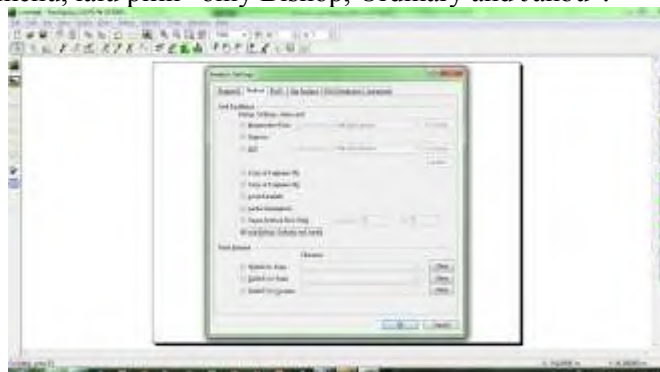
2. Pilih menu “set” lalu pilih “page”, klik pada “mm” pada unit, lalu klik “OK”.



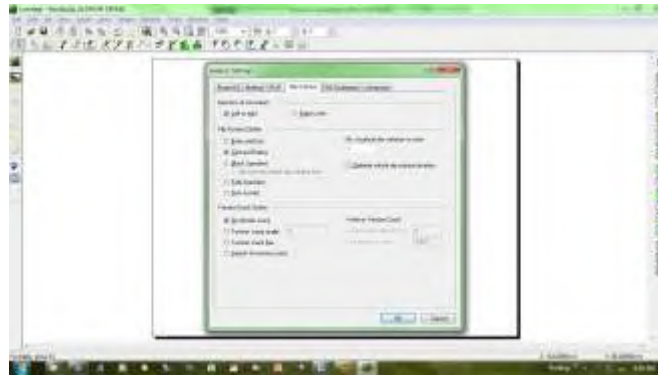
3. Pilih menu “KeyIn”, lalu pilih “Analysis Settings”



4. Pilih “Method” pada menu, lalu pilih “only Bishop, Ordinary and Janbu”.



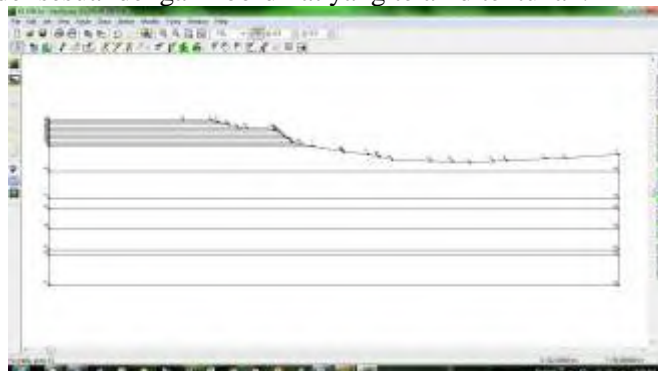
5. Pilih menu “Slip Surface”, lalu pilih “Left to Right” pada “Direction of movement” dan pilih “Grid and Radius” pada “Slip Surface Option”, lalu klik “OK”.



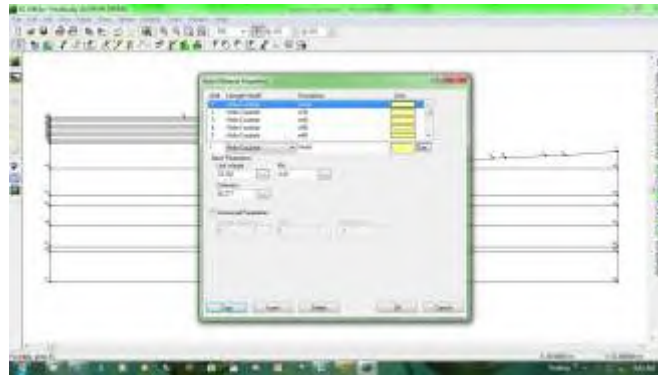
6. Pilih menu “Sketch”, lalu pilih “Lines” untuk menggambar geometri model.



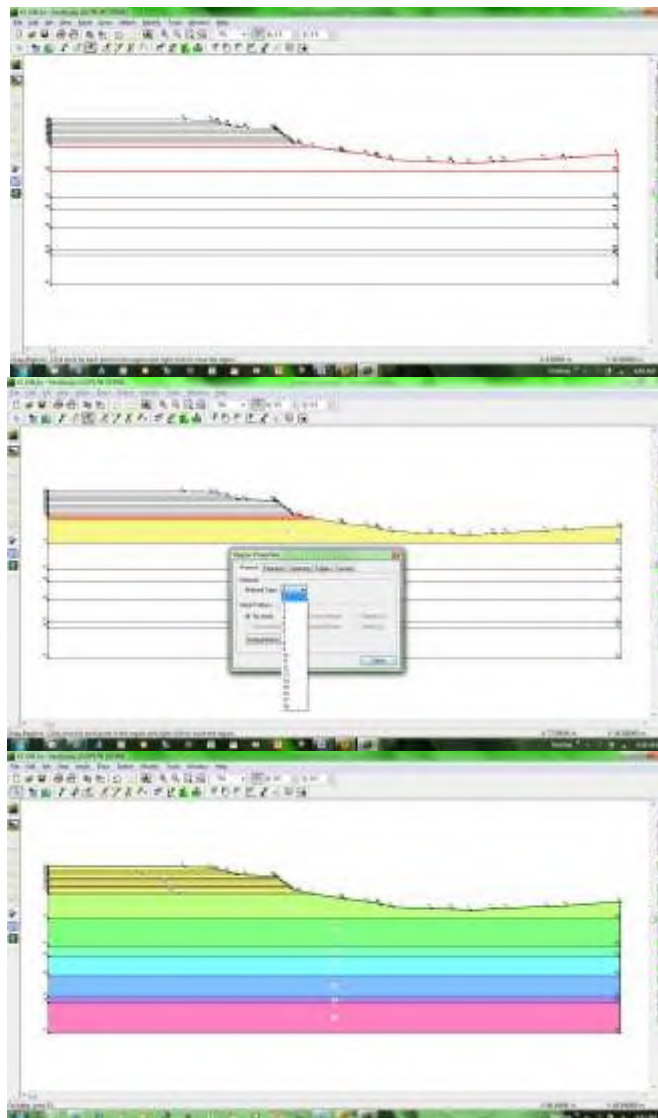
7. Gambar geometri model sesuai dengan koordinat yang telah ditentukan.



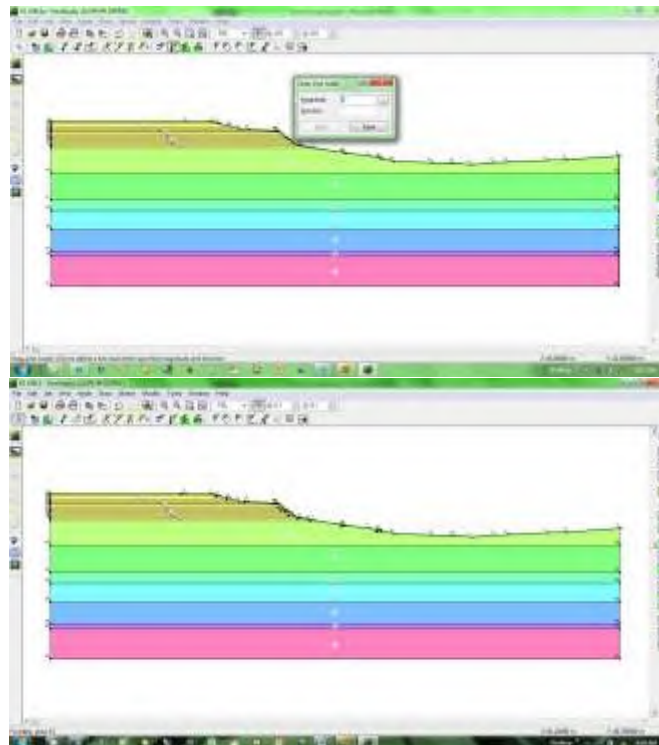
8. Pilih menu “KeyIn”, lalu pilih “Material Properties” untuk memasukkan data parameter tanah. Input material properties yaitu:
- Matl = nomor material
 - Strength Model = model analisis kekuatan material
 - Description = nama jenis material
 - Color = warna model material
 - Unit Weight = parameter berat volume tanah
 - Phi = sudut geser dalam tanah
 - Cohession = kohesi tanah



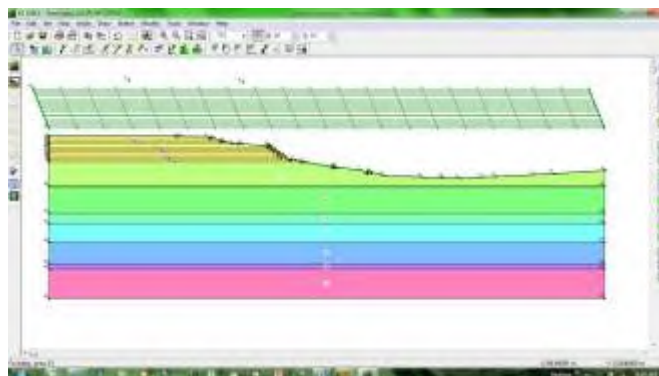
9. Pilih menu “Draw”, lalu pilih “Regions” untuk menggambar dan menentukan jenis tanah dari tiap lapisan. Gambar regions sesuai dengan geometri tanah tiap lapisan, dan tentukan jenis tanah pada lapisan tersebut sesuai dengan data yaitu dengan memilih nomor “material type” sesuai dengan material properties.



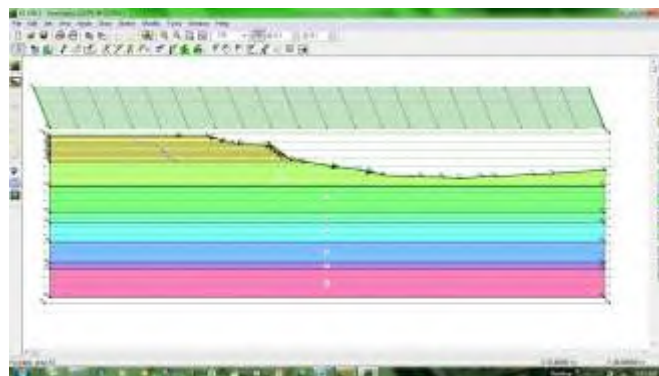
10. Pilih menu “Draw”, lalu pilih “Line Loads” untuk menggambar dan memasukkan beban arus. Masukkan data “magnitude” sebagai besarnya beban dan data “Direction” sebagai data arah beban. Lalu gambar beban sesuai dengan titik-titik yang telah ditentukan.



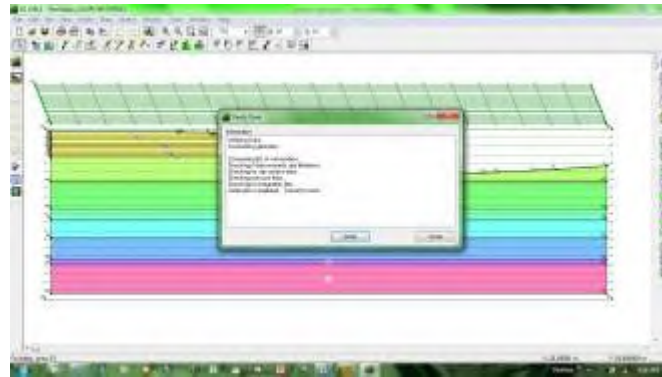
11. Pilih menu “Draw”, lalu pilih “Slip Surface” dan pilih “Grid”. Gambar grid diatas gambar model pada area gambar.



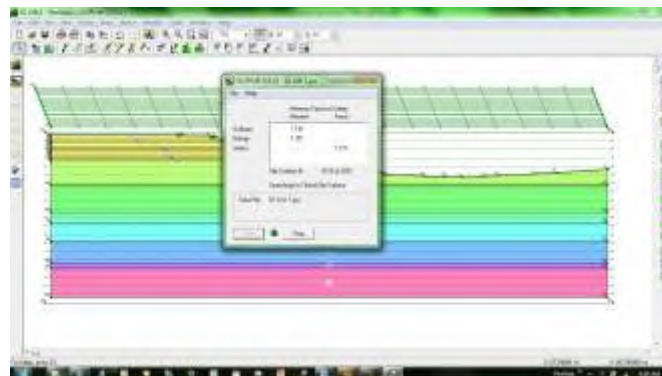
12. Pilih menu “Draw”, lalu pilih “Slip Surface” dan pilih “Radius”. Gambar radius pada daerah gambar model.



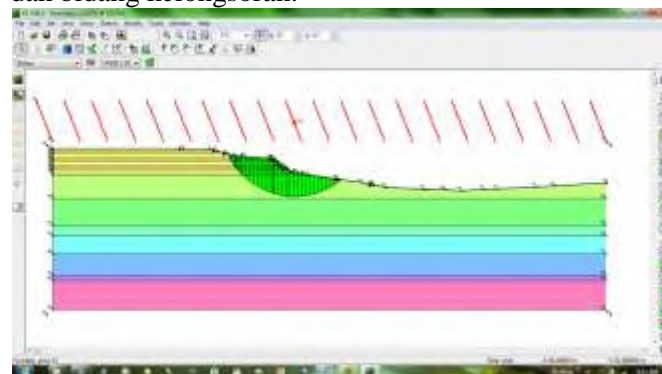
13. Pilih menu “Tools”, lalu pilih “Verify” untuk mengecek apakah ada kesalahan dalam input data atau penggambaran model tanggul. Setelah di cek klik “Done”.



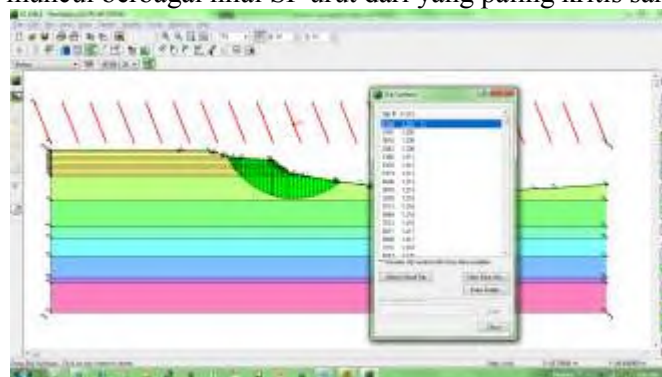
14. Pilih menu "Tools", lalu pilih "SOLVE", lalu klik "Start" untuk memulai perhitungan model tanggul.



15. Pilih menu "Windows", lalu pilih "CONTOUR" untuk melihat hasil perhitungan program, yaitu nilai angka keamanan (SF) dan bidang kelongsoran.



16. Hasil yang ditampilkan pada CONTOUR merupakan hasil paling kritis yang dihitung program. Untuk melihat nilai SF yang lain sesuai dengan bidang kelongsorannya, pilih menu "Draw" lalu pilih "Slip Surfaces", akan muncul berbagai nilai SF urut dari yang paling kritis sampai paling aman.



BIODATA PENULIS



Angga Ahmad Maulana

Lahir di Garut, Jawa Barat pada tanggal 13 Agustus 1990, merupakan anak ke-3 dari 3 bersaudara dari pasangan Ruchiyat Zatnika dan Ipah Syarifah.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Ciporeat V Ujungberung, SMPN 8 Bandung, dan SMAN 24 Bandung. Kemudian penulis melanjutkan studinya di D3 Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil

dan lulus pada tahun 2011. Selanjutnya pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP. 3111106018. Penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Geoteknik.

Email : anggaahmadmaulana@gmail.com